UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DOS TERRENOS
CRISTALINOS SOB CLIMA ÚMIDO, NA REGIÃO DE JUNDIAÍ, EM SÃO PAULO

ANTÔNIO CARLOS BERTACHINI

ORIENTADORA: Profa. Dra. Mária Szikszay

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente

nome:

Mária Szikszay

ass.

Mária Szikszay

Examinadores

ADELBAIR BRAZ DA SILVA

Odellay Braz da Silva

ANNKARIN AURELIA

Alimma e Silva

KIMMELMANN E SILVA

SÃO PAULO

1987

A
Seu Edmundo
e Dona Eufrasia
meus pais, dedico
com amor e reconhecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE QUADROS	V
AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO	1
ABSTRACT	2
 1. <u>INTRODUÇÃO</u>	 3
1.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	5
1.2. OBJETIVOS	6
1.3. ROTEIRO METODOLÓGICO	6
 2. <u>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</u>	 9
2.1. CLIMA	9
2.2. RELEVO	9
2.3. HIDROGRAFIA	10
2.4. GEOLOGIA	11
2.4.1. <u>Unidades litoestratigráficas</u>	14
2.4.1.1. Grupo Itapira	15
2.4.1.2. Grupo São Roque	18
2.4.1.3. Intrusivas Pré ou Sintectônicas	18
2.4.1.4. Intrusivas Pós-Tectônicas	19
2.4.1.5. Permo-Carbonífero	19
2.4.2. <u>Geologia estrutural</u>	20
2.4.2.1. Dobramentos	20
2.4.2.2. Estruturas Rúpteis	22
2.5. HIDROLOGIA DE SUPERFÍCIE	24
 3. <u>ANÁLISE DO FRATURAMENTO</u>	 29
3.1. ANÁLISE DOS LINEAMENTOS DE FRATURA FOTOINTERPRETADAS. 29	
3.1.1. <u>Análise de Tendência da Frequência dos Linea-</u> <u>mentos de Fraturas</u>	30
3.1.2. <u>Análise de Tendência da Densidade dos Lineamen</u> <u>tos de Fraturas</u>	32
3.2. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DE CAMPO	32
3.3. ANÁLISE DA GEOMETRIA DO FRATURAMENTO	36

4. <u>HIDROGEOLOGIA</u>	44
4.1. MANTO DE ALTERAÇÃO	44
4.2. MEIO FRATURADO	48
4.3. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	53
4.4. ANÁLISE DOS CONDICIONANTES MORFOESTRUTURAIS	56
4.4.1. <u>Condicionantes morfológicos</u>	57
4.4.2. <u>Condicionantes estruturais</u>	61
4.5. RESERVAS E RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	67
4.5.1. <u>Estimativa das reservas e recursos</u>	68
5. <u>HIDROQUÍMICA</u>	70
5.1. CLASSIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS	71
5.1.1. <u>Qualidade das águas para distintos usos</u>	75
5.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS HIDROQUÍMICOS	79
5.3. MINERALIZAÇÃO E EVOLUÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ...	84
5.3.1. <u>O ataque dos minerais</u>	84
5.3.2. <u>Modificações físico-químicas</u>	86
5.3.3. <u>Influência das condições climáticas e de circu</u> <u>lação</u>	86
5.4. CARACTERÍSTICAS DOS TERRENOS CRISTALINOS SOB CLIMA ÚMIDO	89
6. <u>CONCLUSÕES</u>	97
7. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	100

ANEXOS

- ANEXO 1 - LISTAGEM DAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS E MORFO-
ESTRUTURAIS DOS POÇOS TUBULARES
- ANEXO 2 - LISTAGEM DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
- ANÁLISES COMPLETAS
- ANEXO 3 - LISTAGEM DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
- ANÁLISES PARCIAIS

LISTA DE FIGURAS

1.1	- Localização da área de estudo	4
2.1	- Esboço geológico da folha de Jundiaí	16
2.2	- Estereogramas em rede equiárea da foliação Sn e de eixos de dobras pós-Dn	21
2.3	- Orientação preferencial da foliação Sn para as sub-áreas das folhas de Jundiaí e Atibaia	23
2.4	- Falhamentos transcorrentes da região da serra do Japi	25
2.5	- Localização das bacias hidrográficas	26
3.1	- Mapa de tendência de 4º grau e de resíduo da frequência dos lineamentos de fraturas	31
3.2	- Mapa de tendência de 4º grau e de resíduo da densidade dos lineamentos de fratura	33
3.3	- Estereograma em rede equiárea de falhas e fraturas.	35
3.4	- Modelo de desenvolvimento de falhas e fraturas em uma zona de transcorrência	38
3.5	- Composição das forças e estruturas resultantes de um falhamento transcorrente	40
3.6	- Modelo do desenvolvimento dos principais sistemas de fraturas e falhas observadas na região de Jundiaí	42
4.1	- Distribuições de frequência da espessura do manto de alteração	46
4.2	- Distribuição de frequência da capacidade específica de poços tubulares, que captam água do manto de alteração	47
4.3	- Distribuição de frequência da profundidade de entrada da água no intervalo entre 0 e 144 metros	49
4.4	- Probabilidade logaritmo normal da capacidade específica dos poços tubulares segundo as profundidades de entradas d'água	50

4.5	- Probabilidade logaritmo normal da capacidade específica dos poços tubulares segundo a densidade e a frequência dos lineamentos de fratura	52
4.6	- Probabilidade logaritmo normal da capacidade específica dos poços tubulares da região de Jundiaí	54
4.7	- Relação entre capacidade específica e transmissividade de	55
4.8	- Probabilidade logaritmo normal da capacidade específica dos poços tubulares segundo a situação topográfica	60
4.9	- Probabilidade logaritmo normal da capacidade específica dos poços tubulares associados a lineamentos de fraturas	62
4.10	- Probabilidade logaritmo normal da capacidade específica dos poços tubulares segundo a extensão dos lineamentos com forte evidência de fraturas	63
4.11	- Diagrama de frequência dos valores médios da capacidade específica dos poços tubulares calculados segundo as direções dos lineamentos de fraturas	65
5.1	- Diagrama de Piper das águas subterrâneas da folha de Jundiaí	72
5.2	- Classificação das águas utilizando o diagrama de Stiff	73
5.3	- Diagrama de análise de água	76
5.4	- Diagrama de análise de água	77
5.5	- Diagrama de análise de água	78
5.6	- Dendograma de parâmetros hidrogeológicos e hidroquímicos	81
5.7	- Dendograma de dados hidroquímicos	81
5.8	- Dendograma entre parâmetros físico-químicos	83
5.9	- Localização da bacia de Juatuba	90
5.10	- Localização dos terrenos cristalinos do centro-leste do estado de São Paulo	91
5.11	- Diagrama de Piper das águas subterrâneas dos terrenos cristalinos sob clima úmido	93

5.12 - Distribuições de probabilidade logaritmo normal segundo a profundidade dos poços tubulares	94
---	----

LISTA DE QUADROS

2.1 - Médias multianuais do balanço hídrico	27
4.1 - Distribuição das espessuras total e saturada do manto de alteração segundo a situação topográfica	58
5.1 - Parâmetros com valores acima do padrão de potabilidade	75

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho tornou-se possível graças ao valioso apoio prestado por pessoas e entidades, às quais registro aqui a minha sincera gratidão.

À Professora Dra. Mária Szikszay, minha orientadora no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG-USP), que acompanhou, estimulou e orientou esta dissertação e todas as etapas da pós-graduação.

Aos amigos Dr. Adelbani Braz da Silva e Gerônimo de Albuquerque Rocha pelo incentivo, leitura do texto e sugestões.

Ao Departamento de Águas e Energia Elétrica do Governo do Estado de São Paulo (DAEE), órgão em que trabalhei, pelo apoio material e técnico imprescindíveis na fase inicial do estudo, agradeço através dos colegas: Fausto Delgado Giancursi (in memoriam) e Manoel Francisco Conejo Lopes, coordenadores dos estudos de hidrogeologia do Projeto "Estudos de Água Subterrânea - Região Administrativa 5 - Campinas".

À Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), órgão em que trabalhei e onde concluí o presente estudo, pelo apoio material e técnico que tornou possível a conclusão deste trabalho através do financiamento do projeto: "Desenvolvimento de métodos de interpretação de dados geólogo-estruturais para a prospecção de água subterrânea em aquíferos fraturados". Agradeço por intermédio dos colegas: Waldemir Barbosa da Cruz (Ex-Superintendente de Recursos Naturais) e Carlos Alberto Peixoto (Ex-Coordenador do Setor de Recursos Hídricos).

Aos amigos e colegas Celso Dal Re Carneiro, Ginaldo da Cruz Campanha, Marcos Alves de Almeida, Mário Nishimura, Nelson Angeli e Oswaldo A.B. de Oliveira, pelas críticas e sugestões no tocante aos aspectos geológico-estruturais da área de estudos.

Ao Instituto de Geociências (IG-USP), pelo apoio prestado e incentivo recebido aos professores e colegas da pós-graduação.

Aos colegas do DAEE, que colaboraram na fase inicial deste

trabalho, agradeço a todos em nome de Haroldo Cavaleiro Navajas, Sampaio Campos, Adriano Diogo, Clovis Galvão Junqueira de Castro, João Batista Caixeta e José Laercio Sanches.

Aos colegas e amigos João Cesar Cardoso do Carmo, Julio Cesar Arantes Perroni, Paulo Cyro Baptista Escodino, Pedro Carlos Garcia Costa, pela colaboração, estímulo, críticas e sugestões a apresentadas.

A todos aqueles que apoiaram a execução das mais diversastarefas, agradeço através de Elizabeth de Almeida Pinto Cavanelas, Maristela Brandão Vilar, Nelson Ramon Ferreira de Andrade, Nestor Carlos Seabra Moura e Wagner Luiz Alvarenga.

A Irene, Daniel, Nûria e Mercedes, pela paciência e compreensão em abdicar do pai e esposo para que este trabalho se tornasse viável.

Com muita tristeza reverencio a memória dos amigos e colegas Fausto Delgado Giancursi e Rosa Beatriz Gouvêa da Silva, dos quais agradeço o estímulo fraterno, moral e técnico, indispensáveis não só à execução deste trabalho, mas principalmente à minha formação profissional.

RESUMO

Foram utilizadas técnicas de análise hidrogeológica, hidroquímica, geológico-estrutural e morfológica para compreender o comportamento hidrogeológico dos terrenos cristalinos da região de Jundiaí-SP. Os resultados obtidos demonstram a influência das condições climáticas atuais e pré-atuais, evidenciada pela própria geometria do aquífero com a presença de um espesso manto de alteração com valores mais frequentes de espessura entre 10m e 40m e coeficiente de armazenamento entre 0,03 e 0,005. Estes valores conferem ao manto de alteração saturado uma capacidade de armazenamento bem superior à encontrada no meio fraturado. O manto de alteração desta forma possibilita a acumulação de reservas renováveis da ordem de 200mm/ano. A ação do clima úmido se faz sentir também na evolução da composição química das águas subterrâneas, as quais apresentam-se pouco mineralizadas, com concentrações dos sólidos totais dissolvidos abaixo de 300mg/l. Estas águas são fortemente bicarbonatadas, mistas ou cálcicas e refletem diretamente os produtos da hidrólise com a influência da litologia ou processos de modificação da composição química. A morfologia dos terrenos influencia as condições climáticas e a distribuição das espessuras do manto de alteração. A permeabilidade do meio fraturado está diretamente associada à gênese do fraturamento, sendo que os fraturamentos desenvolvidos ao longo das direções N45E, N85W, N50W, N-S e N65E apresentam maior potencialidade com valores mais elevados da capacidade específica. Existe na região de Jundiaí uma variação espacial da densidade e da frequência dos fraturamentos, com as zonas mais fraturadas situadas no extremo sudeste da área ou a norte do falhamento que corta a área de noroeste para sudeste. Os recursos exploráveis são da ordem de 100mm/ano ou $1.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{km}^2$, sendo que nas áreas mais fraturadas podem atingir até 200mm/ano ou $2.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{km}^2$.

ABSTRACT

In this study the hydrogeological, hydrogeochemical, structural and morphological analysis techniques were used with the objective to understand the hydrogeological comportment of crystalline terrains in the Jundiaí region, São Paulo. The final results showed the strong influence of the climate in last seven thousand years and the actual climate with evidence in the aquifer geometry and by the presence of the weathered layer with most frequent values of thickness between 10 - 40m and a storage coefficient between 0,03 - 0,005. These values confer to the weathered and saturated layer a storage capacity superior as to the fractured part. This way, the weathered layer makes possible the accumulation of renovable reserves of cca 200mm/year. The action of the humid climate can be observed also in the evolution of the chemical composition of the groundwater, being their mineralization of less importance with the total dissolved solids concentration below 300mg/l.

These waters are strongly bicarbonated, mixed or calcic waters and directly reflect the products of hydrolysis with the influence of the lithology or of the modifying processes of the chemical composition. The morphology influences the climate and the distribution of the weathered layer's thickness. The permeability of the fractured part is directly associated with the origin of the fractures, being that those fractures developed with the directions of N45E, N85W, N50W, N-S and N65E, present a greater potentiality with higher values of special capacity. There is in the Jundiaí region a variation of density and frequency of fractures in space, with the more fractured zones situated at the extreme Southeast of the area or North of the fault which separates the area from Northwest to Southeast. The explorable resources are of 100mm/year or $1.0 \times 10^5 \text{m}^3/\text{km}^2$, being that in the more fracture area they can reach 200mm/year or $2.0 \times 10^5 \text{m}^3/\text{km}^2$.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte do território brasileiro está assentado sobre os terrenos cristalinos. Até o início da década de 80 apenas no semi-árido do nordeste brasileiro procederam-se a estudos sobre as condições de ocorrência de água subterrânea nos terrenos cristalinos. No estado de São Paulo, bem como em toda a região sudeste do país, as pesquisas efetuadas nestes aquíferos são predominantemente de cunho regional e não possibilitaram a compreensão dos fatores que intervêm no comportamento hidroquímico e hidrogeológico.

Em função do nível de conhecimento existente sobre estes aquíferos situados em áreas densamente povoadas, com intensa atividade agrícola e industrial e sob condições climáticas mais favoráveis, optou-se pelo estudo das características hidrogeológicas e hidroquímicas dos terrenos cristalinos sob clima úmido. Para se alcançarem satisfatoriamente os objetivos propostos e também pela viabilização da pesquisa, optou-se por estudar uma área piloto restrita, de fácil acesso, com um número suficiente de informações sobre a geologia e a hidrologia de superfície e, principalmente, com amplas possibilidades de obtenção de informações de caráter hidrogeológico.

O trabalho de pesquisa e levantamento de dados sobre a área teve início em 1980, quando o autor pertencia à equipe técnica do projeto "Estudos de Águas Subterrâneas na 5ª Região Administrativa - Campinas" realizado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 1981). O referido projeto abrange os terrenos cristalinos do centro-leste do estado de São Paulo, inclusive a folha de Jundiaí. Nesta fase o autor procedeu à execução do inventário completo de todos os poços tubulares da folha de Jundiaí, ensaios de bombeamento em poços selecionados e também à coleta de todos os dados hidrogeológicos e hidroquímicos disponíveis.

A análise do fraturamento da área de estudos foi realizada pelo autor através do projeto "Desenvolvimento de Métodos de Interpretação de Dados Geológico-Estruturais para Prospecção de Água Subterrânea em Aquíferos Fraturados" realizado pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1987). Assim co-

mo foi de fundamental importância para a elaboração desta pesquisa, no que diz respeito à compreensão do comportamento hidroquímico dos terrenos cristalinos sob clima úmido em geral, a participação do autor no projeto: "Determinação de Funcionamento Hidráulico dos Aquíferos, Através de Parâmetros Químicos" (CETEC, 1983).

Em seguida, além da localização da área de estudos, estão relacionados os objetivos desta dissertação e o roteiro dos principais procedimentos metodológicos realizados. No capítulo 2 encontram-se as principais características sobre o clima, o relevo, a hidrografia, a geologia e a hidrologia da área de estudos, as quais são provenientes da análise da bibliografia existente. No capítulo 3 inicia-se a Dissertação de Mestrado propriamente dita, com a análise do fraturamento realizada com os dados obtidos de levantamento de campo e através de fotointerpretação. No capítulo 4 encontram-se os aspectos hidrogeológicos de maior relevância analisados em conjunto com os aspectos geológicos-estruturais e hidrológicos. Finalmente, no capítulo 5 abordam-se os aspectos hidroquímicos da área estudada, analisados conjuntamente com dados de outras áreas de terrenos cristalinos sob clima úmido.

1.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para estudos está localizada na porção centro-leste do estado de São Paulo, cinquenta quilômetros a noroeste da cidade de São Paulo. A área está compreendida entre os paralelos $23^{\circ}00'$ e $23^{\circ}15'$ de latitude sul e entre os meridianos $46^{\circ}45'$ e $47^{\circ}00'$ de longitude oeste, corresponde à folha de Jundiaí, planialtimétrica na escala 1:50.000, de nº SF-23-Y-C-III-1, confeccionada pelo então Instituto Geográfico do Estado de São Paulo (Figura 1.1).

A área de estudo abrange cerca de setecentos e vinte quilômetros quadrados, incluindo a totalidade do município de Louveira, a sede dos municípios de Jundiaí, Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Itatiba e Vinhedo; também parte dos municípios de Valinhos e Jarinu. Trata-se de uma região com intensa atividade agrícola e industrial, bastante urbanizada. Dentre as ativida -

des agrícolas predomina aquelas desenvolvidas em pequenas propriedades, das quais destacam-se a produção de uva e frutas de mesa, a criação e abate de frango e a olericultura. As indústrias alimentícias e aquelas ligadas ao setor de fiação e tecelagem são tradicionalmente as atividades mais desenvolvidas na área de estudo.

O acesso à área de estudo desde a cidade de São Paulo pode ser realizado pelas rodovias dos Bandeirantes (SP-348) e Anhanguera (BR-050, SP-330), que cortam a porção leste da folha de Jundiaí, trecho em que se interligam a rodovia Marechal Rondon (SP-300). A área ainda é servida pelas vias de acesso: "estrada velha" São Paulo - Campinas (SP-332), rodovia Jundiaí - Itatiba (SP-360) e rodovia Louveira - Itatiba (SP-063). O extremo nordeste da folha de Jundiaí é cortado pela rodovia Dom Pedro II (SP-065).

1.2. OBJETIVOS

Esta pesquisa teve por objetivo principal compreender os principais condicionantes que intervêm na circulação, armazenamento, exploração e evolução da composição química das águas subterrâneas em aquíferos fraturados em rochas cristalinas sob clima úmido. Para alcançar estes objetivos pretendeu-se desenvolver metodologias para correlacionar características geológicas, estruturais e morfológicas como os parâmetros hidrogeológicos e hidroquímicos dos poços tubulares que exploram estes aquíferos.

Como objetivo subsidiário proveniente da compreensão da geometria, do comportamento do aquífero, da associação dos parâmetros hidráulicos a fatores estruturais e morfológicos bem como da evolução da composição química das águas, pretendeu-se também aperfeiçoar as técnicas de prospecção e de avaliação de reservas e recursos exploráveis de águas subterrâneas em terrenos cristalinos.

1.3. ROTEIRO METODOLÓGICO

Inicialmente procedeu-se à coleta de informações sobre os poços tubulares junto a empresas de perfuração para, em seguida, partir a campo para efetuar o inventário completo dos poços existentes. No total foram inventariados duzentos e oitenta e qua

tro poços tubulares, nos quais procurou-se efetuar medidas dos níveis estático, dinâmico e da vazão, coletar e conferir informações sobre os perfis geológico e construtivo. Este procedimento permitiu a seleção dos dados confiáveis, possibilitando o emprego de informações contidas nos boletins das empresas de perfuração. Nessa etapa, ainda foram executados quarenta e dois ensaios de bombeamento em poços selecionados, assim como coleta dos todos os dados disponíveis sobre cinquenta e nove análises físico-químicas das águas de poços inventariados. Durante o inventário utilizou-se como mapa base para a localização dos poços a folha de Jundiaí (SF-23-Y-C-III-1), planialtimétrica na escala 1:50.000 com curvas de níveis de vinte em vinte metros.

O processamento dos dados do inventário gerou um conjunto de cento e oitenta e nove poços com dados hidrogeológicos básicos, a saber: níveis estático e dinâmico, vazão, profundidade, espessura do manto de alteração total e saturado, capacidade específica e capacidade específica por metro de penetração. Ainda foram obtidas informações sobre a profundidade de entradas d'água em quarenta poços tubulares.

Os dados hidroquímicos coletados no inventário foram processados em programa de consistência. Como deste trabalho resultou um número restrito de apenas vinte e duas análises físico-químicas completas relativas a dezessete poços tubulares, optou-se por compilar também dados hidroquímicos relativos a outras áreas de terrenos cristalinos igualmente situadas sob clima úmido, para poder realizar-se uma comparação entre o comportamento hidroquímico da área de estudo. As áreas selecionadas foram a 5ª região administrativa do estado de São Paulo, a qual insere a folha de Jundiaí e a bacia de Juatuba em Mateus Leme-MG que, além de estarem sob condições climáticas similares, os dados hidroquímicos foram submetidos a procedimentos similares.

Para caracterizar-se a área estudada, foram compilados trabalhos e dados sobre clima, relevo, hidrografia, hidrologia de superfície e geologia. Na análise da bibliografia existente deu-se maior ênfase aos trabalhos sobre balanço hídrico, geotectônica e geologia estrutural. Após a análise da bibliografia elaborou-se um esboço da evolução geológico-estrutural e partiu-se

para a análise do fraturamento através da fotointerpretação das fraturas e dos levantamentos de dados estruturais no campo, principalmente do fraturamento.

As falhas e fraturas fotointerpretadas foram processadas pela análise de superfície de tendência da frequência e da densidade em área destes elementos. As determinações da atitude de fraturas, falhas, dobras, foliações e lineações foram plotadas em diagramas de projeção estereográfica, para serem comparadas geometricamente com alguns modelos de deformação compatíveis com a evolução estrutural da área. A análise destes dados permitiu a elaboração de um modelo de evolução do fraturamento da área. O levantamento de dados e a análise de fraturamento foram realizadas no sentido de se complementarem os trabalhos existentes sobre a geologia da área, não constando dentre os objetivos desta Dissertação de Mestrado o seu mapeamento geológico.

O trabalho de fotointerpretação prosseguiu associando cada um dos cento e oitenta e nove poços tubulares com os dados hidrogeológicos básicos, os lineamentos de fraturas e as características morfológicas e geológico-estruturais, os quais foram analisados em conjunto possibilitando evidenciar condicionantes morfológicas e geológico-estruturais no comportamento hidrogeológico dos aquíferos estudados.

As águas da área estudada foram classificadas segundo a sua composição química e procurou-se realizar análises estatísticas de agrupamento dos conjuntos de amostras com dados hidroquímicos, hidrogeológicos e geológicos-estruturais. Em seguida, procedeu-se à análise das condições de mineralização e evolução da composição química em função das condições climáticas e de circulação. Finalmente a análise conjunta dos dados hidroquímicos da área de estudo, do leste paulista e da bacia de Juatuba, foi realizada para se verificarem os aspectos mais característicos do comportamento hidroquímico das águas subterrâneas dos terrenos cristalinos sob clima úmido.

Os resultados obtidos com a aplicação deste roteiro metodológico tornaram possível a compreensão dos principais condicionantes que intervêm na circulação, armazenamento e evolução da composição química das águas subterrâneas da área de estudo, apresentando-se como um roteiro metodológico alternativo para o estudo de outras áreas de terrenos cristalinos sob clima úmido.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudos está compreendida na região ecológica denominada por Setzer (1979, in DAEE, 1981), como "Complexo Cristalino mais quente", caracterizada pelo domínio do clima sub-tropical úmido e relevo acidentado sustentados pelas rochas cristalinas do Pré-Cambriano do leste paulista. O referido autor ainda apresenta uma pequena parte da área de estudo, a serra do Japi, inserida na região "Complexo Cristalino menos quente", diferenciada pelo relevo mais acidentado com maior altitude e maior pluviosidade. As condições climáticas refletem a geologia e a geomorfologia, ocorrendo a superposição entre as regiões ecológicas, zonas geomorfológicas e a área de ocorrência dos terrenos cristalinos.

2.1. CLIMA

As médias multianuais da precipitação para o período 1949 a 1978 oscilam entre 1.150mm e 1.350mm e a evapotranspiração anual é inferior a 1.000mm. A estiagem é praticamente nula, ocorrendo uma razoável distribuição da precipitação ao longo do ano, com máximos durante o verão. Especialmente a precipitação e a evapotranspiração variam com a topografia dos terrenos; nas áreas de relevo mais elevado, nas serras ou planaltos de maior altitude a precipitação é maior e a evapotranspiração é menor. Nos vales das principais drenagens ocorre o inverso, isto é, menor precipitação e maior evapotranspiração, tornando evidente a ação das precipitações orográficas. As temperaturas anuais máximas e mínimas são 37,6° e 5°C. A umidade relativa do ar situa-se em torno de 75%.

Com estas características o clima dominante foi classificado como "sub-tropical úmido" por Setzer (1979, in DAEE, 1981) e como "tropical de altitude" por Carvalho et al (1975, in Batista et al, 1986).

2.2. RELEVO

No mapa geomorfológico do estado de São Paulo, elaborado por Ponçano et al (1981), a área de estudos abrange duas zonas de província geomorfológica do Planalto Atlântico: a "Serrania de São Roque" e o "Planalto de Jundiaí".

A zona "Serrania de São Roque" situa-se na porção sudeste

da área e compreende os quartzitos da serra do Japi e os morros que a bordejam. Estes são constituídos, principalmente, pelas rochas do stock granítico de Jundiaí, as quais diferenciam-se do restante da serra pela menor altitude e presença de campos de matações. Na serra do Japi são encontradas as maiores altitudes da zona Serrania de São Roque, com cotas máximas em torno de 1.200m. Destaca-se o conjunto de cristas angulosas associadas a vertentes côncavo-retilíneas, com ravinamento denso e paralelo, que definem vales em "V" bastante fechados; algumas elevações apresentam topo achatado, onde geralmente se encontram coberturas detríticas correlatas à superfície de aplainamento do Japi, definida por Almeida (1964) como representantes de um ciclo de erosão pós-cretácea.

A zona "Planalto de Jundiaí" ocupa praticamente toda a área de estudos, e apresenta-se em sua maior parte como um "mar de morros", com topos arredondados e perfis convexos, com o auge dos vales entre 700 e 750m. Estas condições ocorrem principalmente no domínio dos xistos e dos gnaisses, que são as litologias predominantes na referida área. Também são encontrados pequenas manchas de sedimentos correlatos à Formação São Paulo, que se encontram em processo de erosão e apresentam um relevo mais suavizado, o mesmo ocorrendo com as manchas de sedimentos da bacia do Paranã, aflorantes a nordeste da cidade de Jundiaí. Dentro da zona "Planalto de Jundiaí", os espigões mais expressivos, com altitudes de até 1.000m, estão associados às rochas do maciço granítico de Morungaba e os granitos do stock de Itatiba.

2.3. HIDROGRAFIA

A região estudada abrange parte das bacias dos rios Jundiaí, Atibaia e Capivari, todos afluentes do rio Tietê.

A bacia do rio Jundiaí ocupa a metade meridional da folha de Jundiaí e está representada pelos rios Jundiaí, Jundiaí Mirim e ribeirão da Ermida. O rio Jundiaí nasce cerca de 15km a oeste da região estudada, atravessando-a com direção oeste-noroeste. No percurso, de aproximadamente 20km, o rio Jundiaí apresenta um desnível de 80m, e em alguns trechos está condicionado por estruturas tais como falhas e fraturas. O rio Jundiaí Mirim, seu principal afluente na área, apresenta baixo gradiente topográfico e

trechos concordantes com as estruturas. De modo geral, na bacia do rio Jundiaí a drenagem está orientada pelas estruturas existentes, sendo que na zona "Serrania de São Roque" se apresenta mais fortemente encaixada que na zona "Planalto de Jundiaí".

A bacia do rio Atibaia está representada por alguns afluentes da sua margem esquerda, dentre os quais destacam-se os ri-beirões Morro Azul e Jacarezinho e os córregos Bom Jardim e Cachoeira da Paciência. Estas drenagens ocupam cerca de 40% da área estudada em suas porções norte e nordeste. Estão situadas na zona "Planalto de Jundiaí", da qual drenam seus espigões mais expressivos, que são correspondentes às rochas graníticas e granitóides do stock de Itibaia e do maciço de Morungaba. Em geral apresentam gradientes elevados e nascem em cotas de aproximadamente 1.000m, tomando rumo norte e noroeste, orientadas pelas estruturas.

A bacia do rio Capivari nasce no centro da folha de Jundiaí, próximo à cidade de Louveira, e toma rumo oeste-noroeste similar ao rio Jundiaí. A bacia ocupa cerca de 10% da área estudada em sua porção centro-oeste. Está situada na zona Planalto do Jundiaí e as suas drenagens estão orientadas pelas estruturas.

2.4. GEOLOGIA

Desde fins do século passado, pesquisadores vêm atuando no sentido de compreender a geologia dos terrenos pré-cambrianos no estado de São Paulo. Um interessante relato sobre a evolução dos conhecimentos geológicos pode ser encontrado no trabalho de Ha-sui et al (1969).

A Folha Geológica de Jundiaí (1:100.000), editada pelo Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, elaborada por Wohlers et al (1954) é, sem dúvida, o primeiro trabalho de cartografia geológica básica sobre a área de estudos. Neste mapa os autores subdividem o Pré-Cambriano em: gnaisses, gnaisses miloníticos, anfibolitos e quartzitos de idade arqueana; granitos anteriores à Série São Roque, sem idade definida; xistos, filitos, calcários metamórficos, metaconglomerados, quartzitos e anfibolitos da Série São Roque, de idade proterozóica e grani-

tos, granitos gnaissificados e pegmatitos pós-Série São Roque.

Em trabalho pioneiro sobre os grandes falhamentos transcorrentes, Hasui et al (1969) propõem a divisão do Prê-Cambriano compreendido entre as cidades de Jundiaí, Salto de Itu, Sorocaba e Barueri em três unidades tectônicas a saber, os blocos: Cotia, São Roque e Jundiaí. Os autores separam estes blocos pelas zonas de rochas cataclásticas dos falhamentos transcorrentes de Taxaquara e Jundiuvira. O bloco São Roque, que ocupa a faixa central entre as referidas falhas, seria o mais jovem, desenvolvido durante o ciclo Brasileiro. Os blocos Cotia e Jundiaí seriam os mais antigos e remobilizados no ciclo Brasileiro. As rochas do Bloco Jundiaí foram agrupadas nos seguintes conjuntos litológicos: xistos e gnaisses; quartzitos; anfibolitos; granitos pós-tectônicos e rochas de metamorfismo de contato.

O bloco Jundiaí foi delimitado entre as falhas de Jundiuvira e Jacutinga por Wernick et al (1976). Neste bloco os autores reconhecem os grupos: Amparo, Paraíba, Itapira, Açungui e a Formação Eleutério. Segundo estes autores, a área estudada compreende as litologias do Grupo Amparo e do Grupo Açungui, estas correspondentes aos ectinitos da serra do Japi. Identificam duas fases de metamorfismo regional: uma no ciclo Transamazônico e outra no Brasileiro, período em que há rejuvenescimento das rochas afetadas pela fase anterior. Associam também ao ciclo Brasileiro a maior incidência de material granítico.

O termo conjunto Jundiaí é atribuído por Hasui e Sadowski (1976) às rochas situadas ao norte da falha de Jundiuvira. Este conjunto, segundo os autores, é formado por granitos pós-tectônicos, anfibolitos e pelo Complexo Jundiaí, que é constituído de migmatitos e resisters notáveis (quartzitos da Serra do Japi). Os autores consideram a idade das falhas transcorrentes na faixa, entre 710 e 450Ma, devido a sucessivas movimentações, cuja fase mais intensa teria ocorrido após o magmatismo pós-tectônico.

No estudo dos falhamentos transcorrentes do leste paulista, oeste fluminense e sul de Minas, Hasui et al (1977) descrevem o Compartimento Jundiaí compreendido ao norte das falhas de Jundiuvira e Itu, desde a região de Jundiaí-Cabreúva até Delfim Moreira. Neste compartimento seriam dominantes as rochas do Grupo Paraíba, de idade transamazônica, submetidas durante o ciclo Brasi

liano à migmatização e injeção de corpos granitóides.

Estudando a estratigrafia do Pré-Cambriano do leste paulista, Wernick (1978) engloba no Grupo Amparo, de idade transamazônica, os Grupos Itapira e Andrelândia. O Grupo Amparo seria o pacote supra-crustal que recobre o embasamento arqueano. O autor citado também define o Grupo Pinhal de idade brasileira como resultante da profusa intrusão de granitos em rochas do Grupo Amparo e sugere a existência de dois períodos de dobramento associados aos ciclos Transamazônico e Brasileiro.

Em trabalho realizado na serra do Japi, Hasui et al (1978) atribuem ao Grupo Amparo os quartzitos e os xistos e migmatitos descritos na região. Os autores evidenciam duas fases de dobramentos superpostos por uma clivagem e de crenulação, eventualmente associada aos falhamentos transcorrentes posteriores aos dobramentos. Propõem ainda o reconhecimento das Formações Ermida e Japi e atribuem o caráter dextral à falha de Jundiuvira.

Na região nordeste do estado de São Paulo e sul de Minas Gerais, em área de domínio dos Grupos Amparo e Pinhal, Fiori et al (1978) identificam o Complexo Silvianópolis, correspondente ao embasamento do Grupo Amparo. Os autores apresentam para a região uma evolução policíclica com eventos geológicos e litológicos atribuídos aos ciclos Jequié, Transamazônico, Urucano e Brasileiro e relacionam, aos três últimos ciclos, três fases de dobramentos.

Em estudo de cunho geocronológico, Hama et al (1979) caracterizam a área em apreço como pertencente a uma ampla faixa de rochas que circundam o Cráton São Francisco e que estaria associada tectônica e geneticamente aos ciclos Transamazônico e Brasileiro. O Grupo Amparo-Itapira pertenceria a esta faixa e teria sido regenerado no ciclo Brasileiro. Os autores apresentam idades relativas ao Proterozóico Médio, as quais evidenciam algum evento intermediário aos ciclos Transamazônico e Brasileiro.

No Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:50.000, Bistrichi et al (1981) definem o Complexo Amparo situado entre as falhas de Itu-Jundiuvira, Camanducaia e Jacutinga. Na subdivisão adotada, o Complexo Amparo inclui os Grupos Itapira, Amparo e Socorro.

Em síntese, da evolução do Pré-Cambriano do leste paulista, Hasui (1983) mantém a mesma denominação de Complexo Amparo no mesmo domínio assumido por Bistrichi et al (1981). Estabelece um padrão tectônico de mega-blocos definidos pelas zonas de cisalhamento de Campo do Meio, Ouro Fino, Camanducaia e São Paulo, onde diversos blocos tectônicos estariam delimitados pela rede de falhas transcorrentes.

O mesmo domínio do Complexo Amparo referido anteriormente é mantido por Hasui e Oliveira (1984), que discutem, entre outras coisas, se os quartzitos da Formação Japi e os xistos que ocorrem entre Jundiaí e Atibaia pertencem ou não ao Grupo São Roque.

Na Carta Geológica do Estado de São Paulo - Folha Jundiaí (1:50.000), Batista et al (1986) denominam como Grupo Itapira os xistos, gnaisses, quartzitos e demais metamorfitos da região de Jundiaí, anteriormente atribuídos ao Complexo Amparo. Identificam também rochas do Grupo São Roque e classificam as intrusivas como: pré-, sin- e pós-deformação principal.

No tocante às coberturas sedimentares, cabe destacar o trabalho de Martin et al (1959), que sugere o modelo de vale pré-glacial para os sedimentos do Grupo Tubarão sobrepostos aos "xistos da Série São Roque", no vale do rio Jundiaí-Mirim. Assim como o trabalho de Penalva (1971), que considera possíveis mudanças nas condições climáticas regionais do Plioceno-Pleistoceno como fator preponderante na deposição de sedimentos em planícies de inundação, solidárias às drenagens atuais, e que desenvolveram os depósitos terciários que hoje ocorrem junto à rede de drenagem do rio Jundiaí.

2.4.1. Unidades Litoestratigráficas

As litologias predominantes na área de estudo são os xistos, gnaisses, quartzitos, migmatitos e granitos. Os metamorfitos, que são as litologias mais antigas da área, foram designadas por Batista et al (1986) como pertencentes ao Grupo Itapira do Proterozóico Médio. Os granitos e demais intrusivas estão relacionados principalmente aos eventos termais do Ciclo Brasileiro e foram subdivididos, por diversos autores, em granitos pré-tectônicos, sin-tectônicos e pós-tectônicos. Na área ocorrem ainda: filitos

do Grupo São Roque, sedimentos do Sub-Grupo Itararé e sedimentos terciários e quaternários.

Empregaremos a subdivisão das unidades litoestratigráficas de Batista et al (1986), pois trata-se do trabalho mais recente e mais detalhado a respeito da área de estudos. Neste trabalho os autores associaram cronologicamente os eventos tectônicos e as unidades litoestratigráficas do Pré-Cambriano, segundo um esquema de fases de deformação. A foliação principal observada em todos os metamorfitos da área estudada foi denominada de "Sn", sendo atribuída a uma fase de dobramentos "Dn". Os referidos autores discutem ainda a possível idade deste evento, afirmando existir ainda muita controvérsia quanto à contemporaneidade da gênese dos grupos Itapira e São Roque durante o ciclo Brasileiro. No entanto, a fase de dobramentos Dn é possivelmente atribuída ao ciclo Brasileiro pelos mesmos autores.

2.4.1.1. Grupo Itapira

Caracterizado como uma sequência de metassedimentos psamíticos e pelíticos é representado por: quartzitos, xistos, gnaisses, metacórsios, metabásicos, migmatitos, etc.

- Gnaisses (P_Eign). No mapa geológico da região de Jundiá (Figura 2.1), os biotita-gnaisses são a associação litológica predominante em área e encontram-se intercalados com biotita-xisto, muscovita-xisto, hornblenda gnaiss, quartzito, metarcósio e anfibolitos. Os biotita-gnaisses são constituídos essencialmente por biotita, muscovita, quartzo e plagioclásio, combinados em proporções variadas. Também são encontradas sillimanita, granada e microclina. Os biotita-xistos e muscovita-xistos ocorrem em intercalações centimétricas a decimétricas nos biotita-gnaisses e diferem destes pela ausência de feldspato e maior concentração de micas. Os hornblenda-gnaisses são poucos encontrados talvez pela sua maior susceptibilidade ao intemperismo, sendo formados por alternâncias de bandas félsicas e máficas, de espessuras milimétricas a centimétricas.

- Xistos (P_Eixt). São encontrados no setor sudeste da folha de Jundiá, limitam-se ao sul com os filitos do Grupo São Roque a -

Fonte: Compilado e modificado de Botelho et alii, 1986

LEGENDA

- QUATERNÁRIO**
- Qa Sedimentos aluviais inconsolidados
- TERCIÁRIO**
- Ta Conglomerados, diamictitos arenosos e argilosos
- PERMO-CARBONÍFERO**
SUBGRUPO ITARARÉ
- PCi Diamictitos, siltitos e lamitos
- PRÉ-CAMBRIANO**
INTRUSIVAS PÓS-TECTÔNICAS
- Peg Granitos, quartzo microdiorito e quartzo fendilites
- INTRUSIVAS PRÉ OU SIN-TECTÔNICAS**
- Pegf Granitos foliados, migmatitos e ortognaisses

GRUPO SÃO ROQUE

PEst Filitos (PEst), gnaisses (PEign), migmatitos (PEigm), xistos (PEixt), quartzitos (PEigt) e anfibolitos (PEiaf)

GRUPO ITAPIRA

- Contato litológico
- Zona de falha transcorrente
- Falha inferida
- Zona milonítica da falha de Jundiá
- Diques de riolito a riolacito

FIGURA 2.1 - ESBOÇO GEOLÓGICO DA FOLHA DE JUNDIAÍ

través da falha de Jundiuvira e a norte com os gnaisses com os quais o contato é transaccional. Os xistos são biotita-muscovita-xistos, que frequentemente apresentam granada e/ou sillimanita. Neles pode ser observado um bandamento composicional, formado por alternância de leitos micáceos e quartzosos, cuja espessura varia entre 30cm a 1m. Estas bandas apresentam os mesmos constituintes minerais, variando apenas a composição de quartzo e mica. Dentro do domínio dos xistos são também encontrados leitos de quartzitos micáceos e de metarcósios. O critério empregado por Batista et al (1986) para separar os gnaisses dos xistos foi a ocorrência de leitos feldspáticos e a espessura dos estrados de diferentes composições. Nos gnaisses ocorrem os leitos feldspáticos e a espessura das bandas de diferentes composições é delgada que nos xistos.

- Migmatitos (PEigm). Ocorrem apenas na porção central da área estudada. Além da estrutura estromática observa-se uma estrutura flebítica, dobrada e nebulítica. Tanto no neossoma como no paleossoma observa-se a presença de granada. O paleossoma constitui-se de granada biotita gnaisses finamente bandada, com bandas milimétricas de quartzo e feldspato alternado com bandas micáceas. O neossoma é de composição granítica, essencialmente quartzo e feldspato, com abundância de granadas e baixa frequência de micas. A foliação observada no paleossoma é concordante com a foliação principal, Sn, sendo que o contato com os gnaisses do Grupo Itapira é gradacional. No entanto, o contato destas rochas com os granitóides foliados é brusco.

- Quartzitos (PEigt). Os quartzitos encontram-se dispostos principalmente na Serra do Japi, onde ocorrem quartzitos micáceos, feldspatos e granitíferos, com intercalações de biotita e filitos. Hasui et al (1978) identificaram na Serra do Japi quatro tipos petrográficos de quartzitos: os granuloblásticos de granulação fina a média, os micáceos com biotita e muscovita, os foliados, com estrutura planar penetrativa e os feldspáticos. A passagem do pacote de quartzito para o restante da sequência metassedimentar mais pelítica, se dá de forma gradacional e concordante.

- Anfibolitos (PEiaf). Na área ocorrem diversos corpos na forma

de bolsões e camadas decimétricas e métricas, encaixadas em todas as unidades litológicas do Grupo Itapira. A orientação geral da maioria dos corpos de anfibolitos concordante com a foliação das rochas envolventes. O maior afloramento desta unidade está na fazenda Ermida, na porção sudoeste da folha de Jundiáí.

2.4.1.2. Grupo São Roque (P_{Es}f)

Trata-se dos filitos situados a sul da falha de Jundiuvira, no extremo sudeste da folha de Jundiáí. Estas rochas são predominantemente muscovita-filitos com biotita e clorita em quantidades menores. A estrutura mais marcante é uma foliação dada pela orientação preferencial das micas, geralmente dobrada.

2.4.1.3. Intrusivas Pré ou Sintectônicas (P_{Eg}f)

Sob a denominação de rochas intrusivas sintectônicas ou pré-tectônicas, foram incluídas todas as intrusivas afetadas pela fase D_n do Grupo Itapira.

Com esta denominação estão aglutinadas áreas de domínio das seguintes litologias:

- . granitos cinza foliados;
- . granitos rosa granatíferos;
- . migmatitos de composição granítica;
- . hornblenda ortognaisse e biotita ortognaisse;
- . migmatitos de composição granítica;
- . granitos brancos foliados;
- . ortognaisses brancos;
- . migmatitos de injeção;
- . ortognaisses facoidais.

De um modo geral, estas litologias guardam relações de contato bruscas com as encaixantes do Grupo Itapira, salvo os migmatitos de injeção, cujo paleossoma pode ser referido aos metassedimentos do Grupo Itapira. A foliação observada é concordante com a foliação regional.

2.4.1.4. Intrusivas Pós-Tectônicas (PEg)

Compreendem granitos e diques de riolitos a riodacitos, não afetados pela fase de deformação Dn do Grupo Itapira. Além dos granitos e diques, ocorrem pequenos corpos de quartzo microdiorito e de quartzo tonalito, não mapeáveis.

- Granitos Rosa (PEg). Estas rochas constituem os stocks graníticos de Jundiaí e Itatiba e pequenos corpos a eles associados. São granitos de coloração rosa, bastante característica, com textura hipidiomórfica granular, com granulação média e composição essencial dada por quartzo, microclina, oligoclásio e biotita. Batista et al (1986) incluem o stock granítico de Jundiaí e alguns pequenos corpos, como granitos sintectônicos na fase de deformação Dn do Grupo Itapira. No entanto, Hasui et al (1978), Bistrichiet al (1981) e outros autores correlacionam-os com os granitos do batólito de Itu, ao qual atribuem a idade Cambro-Ordoviciano. Segundo esses autores, estas rochas são posteriores às fases de dobramentos principais, tanto do Grupo Itapira como do Grupo São Roque. É provável que a foliação observada nas rochas correlatas ao stock de Jundiaí possa ser atribuída a esforços derivados dos falhamentos transcorrentes.

- Diques de Riolitos a Riodacitos. Estas rochas ocorrem na porção central e noroeste da folha de Jundiaí. Na porção noroeste, entre Louveira e Vinhedo, são mais evidentes e apresentam-se como feixes de diques métricos. Ao sul da estrada Louveira-Itatiba, a quantidade e a espessura dos diques diminuem, desaparecendo no vale do rio Jundiaí-Mirim. Estas rochas têm coloração rosa-clara ou cinza, de granulação muito fina, com raros cristais milimétricos. A sua composição química, segundo Batista et al (1986), é granítica ou monzodiorítica.

2.4.1.5. Permo-Carbonífero

- Subgrupo Itararé (PCi). Trata-se de um testemunho da bacia do Paraná, descrito por Martin et al (1959) como sedimentos correlatos ao Grupo Tubarão, depositados em um vale pré-glacial. São corpos isolados de siltitos, ritmitos e folhelhos que estão geralmente situados no topo das colinas do vale do rio Jundiaí-Mirim.

- Terciário (Ta). Estas rochas são depósitos aluvionares pré - atuais, dispostos em manchas esparsas e correlacionadas aos vales dos rios atuais. Penalva (1971) admite pacotes com até 60m de espessura, com gradação de sedimentos grosseiros a finos da base para o topo.

- Quaternário (Qa). Estas rochas são depósitos formados por areias inconsolidadas de granulometria variável com argilas e níveis de cascalho localizados. A espessura máxima observada é de 30m.

2.4.2. Geologia Estrutural

Na Carta Geológica do Estado de São Paulo - Folha Jundiá (Batista et al, 1986), as estruturas foram agrupadas cronologicamente segundo quatro fases de deformação. A fase de deformação Dn, mencionada anteriormente foi identificada principalmente pela intensa foliação Sn definida pela orientação preferencial dos minerais placóides e pelo achatamento dos demais minerais e pode ser muito bem observada nos metamorfitos do Grupo Itapira e nas rochas intrusivas pré ou sintectônicas. Os autores da citada Carta geológica identificaram ainda as fases de deformação "Dn + 1" e "Dn + 2" cronologicamente posteriores à fase Dn e contemporâneas ao desenvolvimento do falhamento transcorrente de Jundiuvira. Batista et al (1986) mencionam também uma suposta fase de deformação "Dn - 1" com foliação "Sn - 1" afetada pelos dobramentos Dn; no entanto, a intensidade dos dobramentos da fase Dn torna desnecessária para o presente estudo a compreensão de eventos anteriores.

2.4.2.1. Dobramentos

A fase "Dn" gerou dobras apertadas a isoclinais observadas desde a escala microscópica até a métrica. Em alguns afloramentos podem-se observar dobras desenhadas pelo bandamento composicional dos metassedimentos, nas quais "Sn" é uma foliação planoaxial. Este bandamento composicional pode ser referido a "S₀", ou seja, a um suposto acamamento. A foliação "Sn" apresenta orientação preferencial na direção N45°W/32°SW com dispersão em várias direções (Figura 2.2), que refletem um efeito de interferências sobre Sn causado por fases de dobramentos pós-Dn.

MÁXIMO: N 45 W / 32 SW

PORCENTAGEM DE POLOS

a) DIAGRAMA DE PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA NO HEMISFÉRIO INFERIOR, CONTAGEM EM REDE EQUIÁREA RELATIVA A 500 POLOS DA FOLIAÇÃO S_n .

MÁXIMOS: 10° / N 75 W
10° / S 75 E
22° / S

PORCENTAGEM DE POLOS

b) DIAGRAMA DE PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA NO HEMISFÉRIO INFERIOR, CONTAGEM EM REDE EQUIÁREA RELATIVA A 110 EIXOS DE DOBRAS POSTERIORES A FASE D_n .

Fonte: Batista et alii, 1986

FIGURA 2.2 - ESTEREOGRAMAS EM REDE EQUIÁREA DA FOLIAÇÃO S_n E DE EIXOS DE DOBRAS PÓS- D_n

Duas famílias de dobramentos suaves e abertos na escala de afloramento desenham na foliação Sn um padrão de interferênciado tipo "caixa de ovos", formado por domos e bacias. Evidentemente estes dobramentos são posteriores à fase "Dn", pois afetam a foliação Sn desenvolvida nessa fase. Os eixos destas dobras lançados no esteograma da figura 2.2 delineam três máximos nas direções: $N75^{\circ}W/10^{\circ}NW$, $N75^{\circ}W/10^{\circ}SE$ e $NS/22^{\circ}S$. Pelo estereograma pode-se notar que na verdade são duas famílias de dobras, uma com direção Norte-Sul e caimentos preferenciais para sul e outra com direção WNW-ESE com caimentos para SE e NW. Além das dobras observadas em escala de afloramento, ao nível regional pode ser observado um antiforme desenhado pelas altitudes médias das foliações obtidas em sub-áreas das folhas contíguas de Jundiá e Atibaia (Figura 2.3), cujo eixo está orientado na direção norte-sul.

A ordenação cronológica destas duas famílias de dobras foi realizada por Batista et al (1986), através da relação com falhamento transcorrente de Jundiuvira. De acordo com esta ordenação, a família de dobras com direção WNW-ESE estaria associada à foliação milonítica observada na zona da falha de Jundiuvira. A família com direção N-S afeta a referida foliação milonítica e, desta forma, as dobras WNW-ESE corresponderiam a uma fase $Dn + 1$ e as dobras N-S à fase $Dn + 2$.

2.4.2.2. Estruturas Rúpteis

As falhas, fraturas, juntas e demais estruturas de ruptura que truncam as rochas existentes têm sua evolução inicial na fase de dobramentos "Dn", a qual, pela sua intensidade, mascarou as estruturas rúpteis de possíveis eventos anteriores. Assim, parte das falhas e fraturas encontradas no campo podem ser correlacionadas a essa fase de deformação.

As grandes falhas transcorrentes, caracterizadas pela extensão de centenas de quilômetros e pelas amplas zonas de rochas cataclásticas, constituem importante feição estrutural, muito bem definidas ao nível regional. Desenvolvidas no final do Ciclo Brasileiro, estas falhas truncam todas as rochas do Pré-Cambriano, inclusive os granitos pós-tectônicos. Na área de estudos, a principal feição é a falha de Jundiuvira, com atitude média regional

Fonte: Batista et alii, 1986

62 DIREÇÃO E MERGULHO DA FOLIAÇÃO S_n , DUAS MEDIDAS EM UMA SUB-ÁREA REFLETEM DOIS MÁXIMOS DE IGUAL INTENSIDADE NO ESTEREOGRAMA, SEM CONOTAÇÃO GEOGRÁFICA

FIGURA 2.3 - ORIENTAÇÃO PREFERENCIAL DA FOLIAÇÃO S_n , PARA AS SUB-ÁREAS DAS FOLHAS JUNDIAÍ E ATIBAIA

na direção NE (Bistrichi et al 1981), oscilando localmente entre N80E e N60E. Dentro deste domínio ocorrem ainda outras falhas transcorrentes, com pequenos deslocamentos como falhas de Cachoeira, Pirai e do Caruru, estes orientados segundo a direção noroeste (Figura 2.4). O caráter do movimento da falha de Jundiuvira teria sido dextral e para as falhas de Caruru, Pirai e Cachoeira o movimento teria sido sinistral (Hasui et al, 1978). De acordo com a análise estrutural dos dobramentos anteriormente mencionada, foram associadas ao falhamento de Jundiuvira duas fases de dobramentos as quais acusam a movimentação desse falhamento em dois episódios. Posteriormente, ao falhamento transcorrente de Jundiuvira, não se têm registros de deformação rúpteis na área estudada.

2.5. HIDROLOGIA DE SUPERFÍCIE

As bacias dos rios Jundiaí, Capivari e Piracicaba foram objeto de estudos hidrológicos de maior detalhe por parte do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 1981). Nesse estudo foi utilizado um modelo determinístico de simulação hidrológica; o "Modelo Mero". Este modelo foi calibrado com uma série histórica de 30 anos de dados hidrometeorológicos, obtendo-se no processo de calibragem diferenças percentuais entre -6% e +15%, para os valores da vazão total e calculada, atestando, desde modo, a boa qualidade dos parâmetros obtidos pelo modelo. Na Figura 2.5 estão representadas as sub-bacias estudadas em relação à folha de Jundiaí.

Dentre estas sub-bacias, as dos rios Jundiaí e Jacarezinho são menores e drenam terrenos hidrológicamente homogêneos, além de encontrarem-se situadas em sua quase totalidade na folha de Jundiaí. As sub-bacias dos rios Atibaia e Capivari são muito extensas e drenam terrenos com características heterogêneas e distintas daquelas encontradas na área estudada.

No Quadro 2.1 encontram-se os resultados do balanço hídrico para médias multianuais obtidos pela simulação. Os dados são relativos apenas à área de drenagem parcial das sub-bacias, não tendo sido consideradas as sub-bacias de montante. O balanço hídrico calculou a evaporação real, escoamento total e escoamento básico relativos a cada sub-bacia. Também foram calculadas as rela

Fonte: Hasul et alii, 1978

LEGENDA

- ZONA DE FALHA TRANSCORRENTE
- FALHAS E FRATURAS
- FOLIAÇÃO
- ANTIFORMA NORMAL OU REVERSA
- SINFORMA NORMAL OU REVERSA
- AREA DE ESTUDO (PARCIAL)

FIGURA 2.4 - FALHAMENTO TRANSCORRENTES DA REGIÃO DA SERRA DO JAPI

Fonte : DAEE, 1981

5km 0 5 10 15 km
ESCALA GRÁFICA

- FOLHA DE JUNDIAÍ
- SEDE DE MUNICÍPIO
- DRENAGEM
- RESERVATÓRIO EXISTENTE
- LIMITE DE SUB-BACIA
- LOCAL DE REFERÊNCIA E PREFIXO DO POSTO
30-019
- POSTO FLUVIOMÉTRICO
Indicando escoamento total (1) e escoamento básico (2),
em mm/ano. (Valores médios pluviométricos obtidos do modelo
de simulação hidrológica).

FIGURA 2.5 - LOCALIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

QUADRO 2.1 - MÉDIAS MULTIANUAIS DO BALANÇO HÍDRICO

Rio	Jundiaí	Jundiaí	Jacarezinho
Nome do posto	Jundiaí	Itapeva	Itatiba
Entidade responsável	DNAEE	DNAEE	DAEE-CTH
Prefixo de controle	62390000	62395000	3D-019
Área de drenagem (km ²)	269	358	95
Precipitação - P (mm/ano)	1251	1182	1320
Evapotranspiração real - ER (mm/ano)	785	778	702
Escoamento total - Q_T (mm/ano)	465	404	618
Escoamento básico - Q_B (mm/ano)	230	195	333
Relação escoamento total - precipitação - Q_T/P - (%)	36	33	46
Relação escoamento básico - precipitação - Q_B/P - (%)	18	16	25
Relação escoamento básico - escoamento total - Q_B/Q_T - (%)	50	49	55

FONTE: DAEE, 1981

ções entre escoamento total e precipitação, escoamento básico e precipitação e entre escoamentos básico e total.

Em termos geológicos as três sub-bacias são bastante similares, drenam terrenos cristalinos com espesso manto de alteração de rocha. Quanto ao relevo, as duas sub-bacias do rio Jundiaí drenam terrenos das zonas "Serrania de São Roque" e "Planalto de Jundiaí" e a sub-bacia do Jacarezinho drenam os terrenos mais elevados da "zona Planalto de Jundiaí", havendo assim uma certa compatibilidade em termos de declividade e forma das vertentes.

Os parâmetros determinados pelo balanço hídrico nas três sub-bacias apresentam uma concordância direta com a precipitação. A bacia do rio Jacarezinho tem maior precipitação, com conseqüente evaporação real menor e maiores valores do escoamento total, escoamento básico e das relações "escoamento total - precipitação" e "escoamento básico - precipitação". A sub-bacia do rio Jundiaí, situada mais a jusante, tem a menor taxa de precipitação e apresenta menores valores dos parâmetros anteriormente referidos, com exceção da evaporação real, a qual aumenta com a diminuição da precipitação. Os valores da relação "escoamento básico - escoamento total" da ordem de 50% para as três sub-bacias indicam a elevada capacidade de armazenamento de água subterrânea dos aquíferos existentes.

O efeito da altitude no regime hidrológico pode ser bem observado pelas relações entre os escoamentos básicos e total com a precipitação, as quais aumentam com o incremento da precipitação. Entre estas, a relação entre escoamento básico e a precipitação indica o percentual de infiltração. Através dela podemos verificar que a sub-bacia do rio Jundiaí, controlada pelo posto existente na cidade homônima, apresenta taxas de infiltração maiores que a sub-bacia de jusante, visto que a precipitação média é maior na sub-bacia de montante.

3. ANÁLISE DO FRATURAMENTO

A análise do fraturamento foi realizada a partir de dados obtidos da interpretação das fotografias aéreas e em levantamentos de campo. Os principais sistemas de fraturamento encontrados e a sua distribuição espacial, foram interpretados à luz de modelos geológico-estruturais existentes e da evolução geológica da área.

A fotointerpretação foi feita com fotos aéreas pancromáticas nas escalas 1:60.000 e 1:25.000, respectivamente, dos levantamentos: USAF-AST 10 (Força Aérea dos E.U.A., 1964) e IBC (Instituto Brasileiro do Café, 1972). Neste trabalho foram identificadas todas as feições lineares admitidas pelo autor como reflexo de fraturas ou falhas geológicas designadas pelo termo lineamento de fratura. Admitindo-se o termo lineamento na concepção de Loczy & Ladeira (1976, página 99): "Um lineamento é qualquer linha condicionada topograficamente e observável em mapas topográficos, no terreno ou em imagens supramencionadas (fotografias aéreas, imagens de satélite e imagens de radar). Os lineamentos são causados por juntas, falhas, fraturas, planos de acamamento, de xistosidade, foliação, lineação". Os lineamentos de fraturas foram traçados nas fotografias aéreas e transferidos para a base planialtimétrica na escala 1:50.000, correspondente à folha de Jundiaí.

No levantamento de campo foram descritos 193 pontos de afloramento, nos quais foram medidas as atitudes das foliações, lineamentos, dobras e principalmente todas as falhas e famílias de fraturas presentes. Assim foram criados dois grupos distintos de informações, com tratamento específico que serão discutidos a seguir.

3.1. ANÁLISE DOS LINEAMENTOS DE FRATURA FOTOINTERPRETADAS

A base planialtimétrica foi subdividida em 36 sub-áreas ou células com aproximadamente 20km² cada. Em cada uma dessas células foram medidos o número e o comprimento dos lineamentos de fraturas presentes. O número de fraturas presentes em cada célula passou a corresponder à frequência de fraturas da célula. O comprimento total dos lineamentos em cada célula, dividido pela

sua respectiva área, passou a corresponder à densidade de fraturas da célula. Desta forma obteve-se um conjunto de 36 amostras com uma distribuição espacial conhecida e com duas variáveis: a frequência e a densidade de fraturas. Ignoradas algumas células com dificuldades de fotointerpretação, foram processadas 29 células através do programa de computador TRENDSUP de Landim et al (1978), modificado por Braz da Silva (1984). Esse programa utiliza os métodos polinomiais não ortogonais para o cálculo de superfícies de tendências de graus de 1 a 6, imprimindo os coeficientes das equações, os mapas das superfícies e os mapas de resíduos e os coeficientes de correlação e determinação.

3.1.1. Análise de Tendência da Frequência dos Lineamentos de Fraturas.

A superfície de tendência que apresentou o melhor ajuste foi a de grau 4 (Figura 3.1.A), com coeficientes de correlação de 0,88, e de determinação de 0,78. Esta superfície apresenta um máximo de até 25 fraturas por célula no quadrante nordeste da área estudada. Traçando-se uma linha SW-SE, toda a área situada a norte desta linha apresenta tendências maiores da frequência do fraturamento. No extremo sudeste da área também tem-se um máximo com até 30 fraturas por célula.

O mapa de resíduos da superfície de 4º grau mostrado na Figura 3.1.B evidencia as áreas em que os valores reais estão acima (positivo) ou abaixo (negativo) da tendência. Destacam-se neste mapa duas áreas de elevada frequência de fraturas com valores de resíduos positivos acima de 3,0. Estas áreas correspondem a uma faixa noroeste, que vai do extremo sudeste ao centro da área, e a outra zona situada no centro-leste da área.

O mapa geológico (Figura 2.1 - vide página 16) foi lançada uma zona fraturada orientada na direção N50W, que corta a área de noroeste para sudeste. A norte dessa zona fraturada há uma evidente mudança no padrão do fraturamento, tanto pelo predomínio de rochas mais competentes, como também pelo deslocamento sinistral de zonas mais fraturadas ao longo da mesma.

A orientação desta zona fraturada concorda com a orientação da falha de Cururu e com a direção dos diques de rochas ácidas, estando ela própria em alguns segmentos também preenchida

A - SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE 4º GRAU

CONVENÇÃO

— ISOLINHA DE TENDÊNCIA DA FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS DE FRATURAS (NÚMERO DE FRATURAS POR ÁREA PADRÃO DE 20 km²)

B - RESÍDUO DA SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE 4º GRAU

CONVENÇÕES

— ISOLINHA DE RESÍDUO IGUAL A ZERO
 • RESÍDUO: DIFERENÇA ENTRE O VALOR OBSERVADO MENOS O CALCULADO.
 ÁREAS COM RESÍDUO NEGATIVO

FIGURA 3.1 - MAPA DE TENDÊNCIA DE 4º GRAU E DE RESÍDUO DA FREQUÊNCIA DOS LINEAMENTOS DE FRATURAS

por rochas ácidas. O aumento da frequência de fraturas no extremo sudeste da área é justificado pela proximidade com o falhamento transcorrente de Jundiuvira.

3.1.2. Análise de Tendência da Densidade dos Lineamentos de Fraturas

Coincidentemente com a frequência, a superfície de 49 grau foi aquela que apresentou melhor ajuste (Figura 3.2.A), com coeficientes de correlação de 0,85 e de determinação de 0,71. A forma da superfície de tendência também foi similar, com os valores mais elevados a norte da diagonal NW-SE e também um máximo no extremo sudeste.

O mapa de resíduos (Figura 3.2.B) confirmou apenas a faixa orientada na direção noroeste que ocorre no extremo sudeste ao centro da área. No restante da área, os resíduos estão bastante próximos a zero, revelando um bom ajuste da superfície calculada para com os valores observados.

O comportamento da densidade e da frequência do fraturamento é bastante similar, havendo coincidência nas áreas de valores mais elevados, tanto nas superfícies de tendência como nos resíduos. As áreas com maior ocorrência de fraturas, tanto na incidência como na extensão, estão compreendidas no extremo sudeste da área e a norte do lineamento, com direção em torno de N50W, que corta a área de um extremo do outro.

As áreas com maior ocorrência de lineamentos de fraturas poderiam estar controladas, no tocante à distribuição dos esforços, pelo referido lineamento N50W. Provavelmente esse lineamento deve ter atuado como uma falha transcorrente com pequeno deslocamento sinistral, similar às falhas do Cururu, Piraí e Cachoeira, representadas na Figura 2.4 (página). Desta forma, o referido falhamento pode tanto ter condicionado a distribuição dos esforços como colocado lado a lado conjuntos de rochas distintos quanto ao grau de fraturamento.

3.2. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DE CAMPO

Nos trabalhos de campo foi dada maior ênfase para as fraturas e falhas, que são as descontinuidades de interesse para a

A SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE 4º GRAU

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO E DETERMINAÇÃO: 0,88 e 0,78

CONVENÇÃO

— ISOLINHA DE TENDÊNCIA DA DENSIDADE DE LINEAMENTOS DE FRATURAS (km DE LINEAMENTOS POR km² DE ÁREA)

B RESÍDUO DA SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE 4º GRAU

CONVENÇÕES

— ISOLINHA DE RESÍDUO IGUAL A ZERO
• RESÍDUO: DIFERENÇA ENTRE O VALOR OBSERVADO MENOS O CALCULADO

▨ ÁREAS COM RESÍDUO NEGATIVO

FIGURA 3.2 - MAPA DE TENDÊNCIA DE 4º GRAU E DE RESÍDUO DA DENSIDADE DE LINEAMENTO DE FRATURAS

circulação das águas subterrâneas. As foliações e lineações, muito embora também tenham sido determinadas, não são aqui apresentadas uma vez que Batista et al (1986) fizeram um completo estudo sobre elas.

Os planos de ruptura foram classificados em falhas, fraturas de primeira ordem, fraturas de segunda ordem e fraturas de terceira ordem. Os critérios de classificação empregados no campo foram:

- . Fraturas de primeira ordem: as que se estendem por todo o afloramento sem serem interrompidas.
- . Fraturas de segunda ordem: as que se interrompem na escala de afloramento.
- . Fraturas de terceira ordem: as de pequena extensão, delimitadas no afloramento.
- . Falhas: fraturas de primeira ordem com grande deslocamento entre capa e lapa.

O processamento destes dados foi realizado através de diagrama de projeção estereográfica de igual área, construído por processamento automático em computador.

No diagrama da Figura 3.3.A estão plotados todos os pólos de planos de falhas e fraturas observadas. Neste diagrama a ordem decrescente de preponderância da atitude das discontinuidades é: $N45^{\circ}E/85^{\circ}SE$, $N55^{\circ}W/85^{\circ}NE$, $N28^{\circ}W/85^{\circ}SW$, $N70^{\circ}E/vertical$; e secundariamente: $N15^{\circ}W/vertical$, $EW/vertical$.

Na Figura 3.3.B foram lançados apenas pólos de planos correspondentes a fraturas de primeira ordem, isto é: fraturas que se estendem todo o afloramento sem serem interrompidas. A ordem decrescente de ocorrência destas fraturas é: $N45^{\circ}E/82^{\circ}SE$, $N50^{\circ}W/80^{\circ}NE$, $N70^{\circ}E/vertical$, $N55^{\circ}E/80^{\circ}NW$, e secundariamente $N15^{\circ}E/60^{\circ}SW$ e $N25^{\circ}W/25^{\circ}NE$.

As fraturas de segunda ordem, ou seja, aquelas que se interrompem na escala de afloramento, estão plotadas no diagrama da Figura 3.3.C. Estas fraturas apresentam valores preponderantes apenas na direção $N50^{\circ}W/vertical$, com algumas concentrações secundárias de pólos de planos nas direções: $ES/75^{\circ}N$ e $N35^{\circ}E/80^{\circ}SE$.

a) 302 POLOS DE FALHAS E FRATURAS DE 1ª 2ª e 3ª ORDEM

b) 187 POLOS DE FRATURAS DE 1ª ORDEM

c) 68 POLOS DE FRATURAS DE 2ª ORDEM

Obs : Projeções no hemisfério inferior

FIGURA 3.3 - ESTEREOGRAMAS EM REDE EQUIÁREA DE FALHAS E FRATURAS

Através destas figuras verifica-se que a maior incidência de descontinuidade é encontrada na direção $N45^{\circ}E$ com mergulhos subverticais, predominantes no quadrante sudeste. Esta atitude espacial é a mais frequente nos diagramas do conjunto total de falhas e fraturas e naquela com fraturas de primeira ordem. Observa-se também que esta atitude espacial está praticamente ausente nos diagramas com fraturas de segunda ordem.

A direção $N50W$ é a segunda em frequência nos diagramas para o conjunto total de falhas de fraturas e para fraturas de primeira ordem; nos diagramas com fraturas de segunda ordem é a direção predominante.

Com menor frequência dos diagramas de projeção estereográfica estão as direções $N70^{\circ}E$ /vertical e $N55^{\circ}E/80^{\circ}NW$, evidenciados em todos os diagramas de projeção estereográfica utilizados. Finalmente, com menor evidência, foram observados planos de ruptura nas direções $N15^{\circ}E/60^{\circ}SW$, $N25^{\circ}W/45^{\circ}NE$, $N15^{\circ}W$ /vertical e EW /vertical.

3.3. ANÁLISE DA GEOMETRIA DO FRATURAMENTO

Para um melhor entendimento do mecanismo do fraturamento, procurou-se comparar os resultados obtidos no campo com a distribuição dos esforços nos principais eventos geológicos-estruturais, ou seja: a fase de deformação "Dn" e os falhamentos transcorrentes.

a) Fase de Deformação "Dn"

Esta fase, conforme referida anteriormente, pode ser observada em todos os metamorfitos da área e cronologicamente é referenciada como anterior ao falhamento transcorrente. Sabendo-se que a foliação "Sn" apresenta máximo na direção $N45^{\circ}W$ (vide Figura 2.2, página 21), as fraturas com direção em torno de $45^{\circ}E$ correspondem às fraturas de tração da fase Dn. De acordo com o proposto por Larson (1977), dentre as fraturas desenvolvidas no estado plástico de importância hidrogeológica destacam-se as fraturas de tração designadas pelo autor como fraturas "ac¹", que são aquelas desenvolvidas em planos que contêm a direção de máximo esforço, os eixos de máximo estiramento "a" e de máximo encurtamento "c" de um dobramento.

A direção $N45^{\circ}E$ é a predominante no conjunto total de falhas e fraturas observadas (diagrama "a" da Figura 3.3) e nas fraturas de primeira ordem (diagrama "b" da Figura 3.3). Esta congruência geométrica sugere que durante a fase de dobramentos "Dn" foi desenvolvido um forte sistema de fraturas "ac¹" orientado ortogonalmente à foliação com a qual ainda guarda tal relação. O predomínio desta direção entre as fraturas mais extensas (fraturas de primeira ordem) converge também para a descrição de Larson (1977) das fraturas de tração como sendo as mais extensas.

A fase de dobramentos "Dn" ainda poderia ser responsável pelo desenvolvimento de sistemas de fraturas de cisalhamentos. No entanto, a identificação destes sistemas em função de suas relações com a foliação é muito difícil, uma vez que, dependendo das características das rochas e da deformação, formam ângulo entre 30° e 45° com o esforço principal.

b) Falhamentos Transcorrentes

O falhamento transcorrente de Jundiuvira é o evento mais significativo da tectônica rúptil local. Ele está superimposto aos dobramentos da fase "Dn", cronologicamente mais antigos, o que significa que descontinuidades geradas na fase Dn foram afetadas ou reativadas durante esse evento. O falhamento de Jundiuvira, propriamente dito, corta o sul da folha de Jundiá e a ele estão associados os sistemas de falhamentos transcorrentes de menor expressão que cortam toda a região estudada.

Admitindo-se o proposto por Hasui et al (1978), em relação ao sentido do movimento do falhamento de Jundiuvira e das falhas noroeste a ele associados, como, respectivamente, dextral e sinistral, podemos correlacionar geometricamente as falhas e fraturas observadas no campo com os modelos existentes de desenvolvimento de forças e fraturas em falhamentos transcorrentes.

A Figura 3.4 apresenta a disposição das fraturas desenvolvidas em um falhamento transcorrente segundo o modelo de Riedel (1929) modificado por Sadowski (1984). Neste modelo encontramos seis famílias de fraturas secundárias que se desenvolvem em função dos esforços de compressão e tração: "T", "R", "R₁", "P", "X" e "Y". As fraturas "T" seriam de tração, "R" e "R₁" são de

a - DIREÇÃO DE MÁXIMOS ENLONGAMENTO E ENCURTAMENTO E SENTIDO DE MOVIMENTO DAS FALHAS E FRATURAS DESENVOLVIDAS EM UMA ZONA DE TRANSCORRÊNCIA.

b - DISTRIBUIÇÃO INTERNA DOS ESFORÇOS EM UMA ZONA DE TRANSCORRÊNCIA.

c - DISTRIBUIÇÃO DAS FALHAS E FRATURAS NA ZONA DE TRANSCORRÊNCIA.

Fonte: Riedel, 1929 e modificado por Sadowski, 1984

FIGURA 3.4 - MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE FALHAS E FRATURAS EM UMA ZONA DE TRANSCORRÊNCIA

cisalhamento sintético e antitético, respectivamente, formando um conjugado de aproximadamente 60° , simétrico em relação às fraturas de tração. As fraturas "P" seriam simétricas a "R" em função à zona de cisalhamento e também sintéticas. As fraturas "X" são simétricas a " R_1 " em relação à direção da zona de cisalhamento, e as fraturas "Y" correspondem a fraturas paralelas à zona de falha.

Aplicando-se uma comparação geométrica do modelo proposto para as direções encontradas nos diagramas de projeção estereográfica temos:

Fraturas R_1 : falhas, diques de rochas ácidas, fraturas de primeira, segunda e terceira ordem com direção próxima a $N50^{\circ}W$;

Fraturas R: falhas e fraturas de primeira ordem com direção próxima a $N70^{\circ}E$;

Fraturas Y: falhas e fraturas de primeira ordem com direção próxima a $N55^{\circ}E$;

Fraturas P: falhas e fraturas com direção próxima a $N40^{\circ}E$ que, no entanto, estariam mascaradas pelas fraturas da fase Dn;

Fraturas X: falhas e fraturas de primeira ordem com direção próxima a $N25^{\circ}W$;

Fraturas T: corresponderiam a planos de fraturas com direção próxima a $N80^{\circ}W$ com frequência baixa.

As fraturas R_1 são os elementos mais marcantes deste modelo, sendo caracterizados tanto nas falhas de Cururu, Pirai e Cachoeira como em juntas de pequena extensão, todas com direção em torno de $N50^{\circ}W$. Além de ser esta a única direção de fraturamento preenchida pelos diques de rochas ácidas, revela estarem mais abertas ao menos durante o período das intrusões.

Um outro modelo de deformação em zonas de transcorrência é o proposto por Harding (1974), o qual considera as fraturas de cisalhamento conjugados R_1 e R, com o mesmo caráter antitético e sintético de "Riedel" (Riedel, 1929 in Sadowsky, 1984) introduzindo ainda dobramentos e falhas normais e de empurrão (Figura 3.5).

Fonte: Harding, 1974

C - VETOR DE COMPRESSÃO DERIVADO DO FALHAMENTO TRANSCORRENTE

E - VETOR DE EXTENSÃO DERIVADO DO FALHAMENTO TRANSCORRENTE

FIGURA 3.5 - COMPOSIÇÃO DAS FORÇAS E ESTRUTURAS RESULTANTES DE UM FALHAMENTO TRANSCORRENTE

Geometricamente existe uma boa correlação entre as fraturas do levantamento de campo com as fraturas do modelo de "Riedel" e fraturas e dobramentos do modelo de "Harding". No tocante aos dobramentos, a associação entre os dobramentos $Dn + 2$ e o falhamento transcorrente fica bastante clara na Figura 3.6, onde temos o que teria ocorrido nessa fase de deformação.

A fase de deformação " $Dn + 1$ " pode corresponder ao desenvolvimento inicial do falhamento transcorrente cujas evidências são as espessas zonas miloníticas deformadas pelos dobramentos " $Dn + 2$ ".

Assim na evolução do fraturamento da região ocorreu primeiramente uma intensa forma de dobramentos, " Dn ", a qual mascarou as descontinuidades anteriores. Nessa fase de dobramentos desenvolveram-se, principalmente, fraturas de tração ortogonais à foliação plano axial desta fase, que correspondem atualmente na área da folha de Jundiá às fraturas com direção $N45^{\circ}E$. Além das fraturas de tração, nessa fase também foram desenvolvidas fraturas de cisalhamento, as quais, apesar de não apresentarem direções definidas pelo levantamento de campo, devem situar-se entre N-S a $N15^{\circ}E$ e $N75^{\circ}E$ a EW. As fraturas de cisalhamento podem ter atuado como planos preferenciais para o desenvolvimento de rupturas posteriores.

Sobre rochas previamente fraturadas, pelas fraturas de tração e de cisalhamento, deu-se o desenvolvimento do falhamento de Jundiuvira, o qual supõe-se ter-se dado em duas fases: " $Dn + 1$ " e " $Dn + 2$ ". A fase " $Dn + 1$ " corresponde aos milonitos dobrados na zona de falhamento, enquanto que $Dn + 2$ é a fase final do falhamento, a qual deformou os milonitos " $Dn + 1$ ". Esta fase é de difícil reconstituição do ponto de vista do fraturamento, já a fase " $Dn + 2$ " apresenta boa reconstituição tanto do ponto de vista do fraturamento como dos dobramentos.

O falhamento " $Dn + 2$ " desenvolveu-se ao longo da direção $N55^{\circ}E$ a $N65^{\circ}E$ e gerou um intenso sistema de fraturas antitéticas com direção próxima a $N50^{\circ}W$.

Após o falhamento transcorrente, a área deve ter sido afetada por outros eventos, mas não foi possível identificar sistemas de fraturas mais jovens, nem mesmo nos sedimentos do permo-

- - ATITUDE DA FOLIAÇÃO S_n
- - FRATURAS DE TRAÇÃO DA FASE D_n
- P, R e R₁ - FRATURAS E FALHAS DE REJEITO DIRECIONAL PREDOMINANTES NA ÁREA ESTUDADA E CORRELACIONADAS AO MODELO DE RIEDEL
- - ANTICLINAL DEFINIDO PELA FOLIAÇÃO S_n

FIGURA 3.6 - MODELO DO DESENVOLVIMENTO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE FRATURAS E FALHAS OBSERVADAS NA REGIÃO DE JUNDIAÍ

carboníferos, situados cronologicamente entre o falhamento transcorrente e a reativação Wealdeneana. Nesses sedimentos, a análise do fraturamento não revelou nenhuma direção preferencial sugerindo que as fraturas medidas no campo não são de origem tectônica.

4. HIDROGEOLOGIA

Uma das características dos aquíferos fraturados em terrenos cristalinos sob clima úmido reside na presença de um espesso manto de alteração que influi nas condições de circulação, armazenamento e infiltração das águas subterrâneas desses aquíferos. A porção do manto de alteração situado abaixo da superfície freática da água subterrânea, a parte saturada, constitui-se em uma sub-zona aquífera na qual a água subterrânea circula através dos vazios da rocha alterada e/ou solo - "porosidade de interstícios". Sotoposto ou mesmo interdigitado com o manto de alteração ocorre o meio fraturado propriamente dito, no qual a água subterrânea circula principalmente através de faturas, falhas e outras descontinuidades da rocha. Assim, tem-se uma outra sub-zona aquífera com "porosidade de fraturas" e as duas sub-zonas aquíferas mencionadas encontram-se interconectadas hidraulicamente atuando como um sistema aquífero a dupla porosidade.

Para realizar a análise das características hidrogeológicas e do potencial de exploração do sistema aquífero estudado, procurou-se associar com as informações de cunho hidrogeológico aquelas relativas à geologia, à hidrologia, à morfologia e à geologia-estrutural. A zona de alteração saturada pode ser caracterizada em função dos dados do inventário de pontos d'água, do balanço hídrico e da fotointerpretação de aspectos morfológicos. O meio fraturado foi caracterizado principalmente em função da associação das conclusões obtidas na análise do fraturamento com a análise dos parâmetros hidrogeológicos obtidos no inventário de pontos d'água. As estimativas dos recursos exploráveis e reservas renováveis foram realizadas com base no conhecimento da geometria do aquífero, distribuição do fraturamento, características hidráulicas e o balanço hídrico das sub-bacias dos rios que drenam a área de estudos.

4.1. MANTO DE ALTERAÇÃO

Entendem-se como manto de alteração os solos em geral e a rocha alterada ou regolito na concepção de Guerra (1969). O critério empregado para estimar a espessura do manto de alteração foi a profundidade dos tubos de revestimentos nos poços tubulares. Assim o manto de alteração é formado pelos materiais que,

por suas características geomecânicas, obrigam o uso de tubos de revestimento na construção dos poços tubulares. O manto de alteração, em função destes critérios, pode ser encontrado com espessuras de até 100m e o manto de alteração saturado, até cerca de 90m. Os valores mais frequentes, de acordo com o que se pode observar nos histogramas da Figura 4.1, situam-se entre 20m e 50m para a espessura total do manto; e entre 10m e 40m para a espessura saturada do manto de alteração.

A água subterrânea circula e fica armazenada no manto de alteração através dos vazios criados pela alteração dos minerais, fissuras e micro-fissuras abertas pelo intemperismo físico e químico. Apesar das possíveis variações presentes nos perfis de intemperismo, os dados hidrológicos das três sub-bacias consideradas permitem estabelecer a ordem de valores de algumas características dessa zona de alteração.

No Quadro 2.1 (vide página 7) foram apresentados valores entre 195mm/ano e 333mm/ano para o escoamento básico, valor este que pressupõe no mínimo um armazenamento de água entre 0,19 e 0,33 metros cúbicos por metro quadrado de aquífero. Considerando-se espessuras saturadas entre 10m e 40m para o manto de alteração calculam-se coeficientes de armazenamento entre 0,005 e 0,033. Estes valores correspondem aos encontrados em Custódio & Llamas (1976, pag. 1464) para estas litologias quando alteradas.

Se aplicado o mesmo cálculo para o meio fraturado: considerando uma espessura da ordem de 100m, calculam-se coeficientes de armazenamento entre 0,002 e 0,003, muito acima do observado nos ensaios de bombeamento, possíveis somente em zonas extremamente fraturadas, pouco frequentes na região estudada.

Ao contrário do coeficiente de armazenamento, a condutividade hidráulica do manto de alteração é pequena. Na Figura 4.2 encontram-se somente os poços tubulares que captam apenas água do manto de alteração, estes poços apresentaram valores da capacidade específica extremamente baixos: entre $2,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s/m}$ e $3,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s/m}$ com os valores mais frequentes em torno de $5,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s/m}$, que correspondem a valores de permeabilidade da ordem de 10^{-7} m/s .

As características hidráulicas do manto de alteração anteriormente mencionadas refletem a importância das condições cli-

TOTAL: 189 POÇOS

a) FREQUÊNCIA DA ESPESSURA TOTAL

b) FREQUÊNCIA DA ESPESSURA SATURADA

FIGURA 4.1 - DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA DA ESPESSURA DO MANTO DE ALTERAÇÃO.

FIGURA 4.2 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DE POÇOS TUBULARES, QUE CAPTAM ÁGUA DO MANTO DE ALTERAÇÃO, NÃO ASSOCIADOS A FRATURAS FOTO-INTERPRETADAS

máticas no desenvolvimento do aquífero. Os perfis de intemperismo e solos existentes são derivados da ação prolongada de clima úmido sobre a região desde ao menos os últimos 7.000 anos, período pós-glaciação, ao qual Gouvêa da Silva (1983) atribui a estabilização das atuais condições climáticas no estado de São Paulo.

4.2. MEIO FRATURADO

Ao contrário da zona de alteração saturada, o coeficiente de armazenamento do meio fraturado é em geral muito reduzido. Dependendo da intensidade do fraturamento pode assumir uma maior importância. Na maioria dos casos, a rede de fraturas apresenta coeficientes de armazenamento inferiores aos observados em aquíferos confinados.

A espessura da zona fraturada propriamente dita é extremamente variável e depende da profundidade máxima em que se encontram fraturas com condições de circulação de água subterrânea. Nos boletins de companhias perfuradoras analisadas foram encontradas referências a poços com entradas d'água em profundidade de até 270m. Dentre os poços com informações sobre entradas d'água foram selecionados 58 com no mínimo 145 metros de profundidade; a distribuição de frequência das profundidades de entradas d'água destes poços, Figura 4.3, revelou a existência de duas tendências: uma entre 60m e 81m e a outra entre 102m e 144m.

Considerando-se estas duas tendências admitiu-se a profundidade de 90m como limite entre ambas, sendo em seguida plotadas em papel probabilístico log-normal (Figura 4.4) as seguintes distribuições de frequência:

- . capacidade específica dos poços tubulares apenas com profundidade de entradas d'água menor que 90m;
- . capacidade específica dos poços tubulares apenas com profundidade de entradas d'água maior que 90m.

Os poços com entradas d'água com menos de 90 metros de profundidade apresentaram uma distribuição de frequência do tipo log-normal e com valores mais elevados em relação aos com entradas d'água mais profundas, que tampouco constituíram-se em uma distribuição log-normal. Como a capacidade específica está dire-

TOTAL : 69 ENTRADAS D'ÁGUA EM
58 POÇOS TUBULARES

FIGURA 4.3 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PROFUNDIDADE DE ENTRADAS D'ÁGUA NO INTERVALO ENTRE 0 E 144 METROS.

• POÇOS COM ENTRADAS D'ÁGUA COM MAIS DE 90 METROS DE PROFUNDIDADE (13 POÇOS)

+ POÇOS COM ENTRADAS D'ÁGUA COM MENOS DE 90 METROS DE PROFUNDIDADE (17 POÇOS)

FIGURA 4.4 - PROBABILIDADE LOGARITMO NORMAL DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS TUBULARES SEGUNDO AS PROFUNDIDADES DE ENTRADAS D'ÁGUA

tamente relacionada com a permeabilidade, o observado nestes poços vem confirmar que a permeabilidade diminui com o aumento da profundidade no meio fraturado em estudo.

Também pode ser observada a diminuição conjunta dos valores da capacidade específica e da transmissividade nos poços tubulares com penetração no aquífero maior que 120m, isto é, em poços que tendem a captar água de fraturas mais profundas (vide página 55, Figura 4.7).

A diminuição da permeabilidade das fraturas em função do aumento da profundidade é um dos fatores limitantes na perfuração de poços tubulares em terrenos cristalinos. Existem diversos estudos estatísticos sobre a delimitação em uma faixa limite para a perfuração de poços. No trabalho de Frangipani (1982) são encontradas referências a propostas de limites que variam de 45m a 120m, citados por autores que pesquisaram rochas cristalinas de diversas partes do mundo discutindo, além da diminuição da permeabilidade, o aumento da salinidade das águas.

Não obstante, na análise efetuada com relação à profundidade das entradas d'água procurou-se também estudar as cotas altimétricas das entradas d'água. No entanto, como a região estudada apresenta fortes contrastes de relevo com conseqüente variação na altimetria dos terrenos, não foi possível estabelecer correlação entre as cotas das entradas d'água dos poços tubulares existentes.

Para a caracterização hidrogeológica das áreas com maior frequência e densidade dos lineamentos de fraturas identificadas na análise de superfície de tendência (item 3.1), elaborou-se a Figura 4.5, representando separadamente a distribuição de valores da capacidade específica dos poços tubulares dessas áreas. Foram considerados apenas os poços tubulares associados a lineamentos com forte evidência de fratura. O resultado foi duas distribuições bastante similares, revelando que a maior densidade de frequência de lineamentos de fraturas por unidade de área não implica aumento da condutividade hidráulica das zonas fraturadas em si, ou seja: a maior frequência ou densidade dos lineamentos de fraturas em área não leva a uma maior intensidade do fraturamento na zona fraturada, entendendo-se como zona fraturada o lineamento de fratura fotointerpretado.

+ POÇOS ASSOCIADOS A LINEAMENTOS COM FORTE EVIDÊNCIA DE FRATURA, SITUADOS EM TODA A ÁREA ESTUDADA. (n=66)

o POÇOS ASSOCIADOS A LINEAMENTOS COM FORTE EVIDÊNCIA DE FRATURA, SITUADOS NAS ÁREAS COM MAIOR DENSIDADE E FREQUÊNCIA DOS LINEAMENTOS DE FRATURA. (n=30)

FIGURA 4.5 - PROBABILIDADE LOGARITMO NORMAL DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS TUBULARES SEGUNDO A DENSIDADE E A FREQUÊNCIA DOS LINEAMENTOS DE FRATURA.

Assim, a maior ocorrência de lineamentos de fraturas foto-interpretadas indica apenas um maior número de zonas fraturadas com boas condições de circulação de água subterrânea. A importância dessas áreas refere-se a maior possibilidade de locação de poços tubulares. A variação da condutividade hidráulica em função da gênese do fraturamento será tratada mais adiante, no item 4.4.

4.3. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

O parâmetro com maior número de informações é a capacidade específica, a qual foi determinada em 189 poços tubulares. A capacidade específica quantifica a quantidade de água extraída de um poço tubular por metro de rebaixamento do nível d'água do mesmo.

Nos poços analisados este parâmetro oscilou entre $1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s/m}$ e $1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$, apresentando-se na forma de uma distribuição logaritmo normal (Figura 4.6), com mediana 50% das amostras de $2,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s/m}$ e valores mais frequentes entre $7,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s/m}$ e $1,5 \times 1,0^{-4} \text{ m}^3/\text{s/m}$.

No Estudo das Águas Subterrâneas da 5ª Região Administrativa (DAEE, 1981), foram analisados dados de 515 poços tubulares em aquíferos fraturados em terrenos cristalinos no leste do estado de São Paulo. Os valores da capacidade específica também apresentaram-se sob a forma de uma distribuição logaritmo normal, situada entre $7,0 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s/m}$ e $1,0 \times 1,0^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$ mediana de $1,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s/m}$ e valores mais frequentes entre $4,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s/m}$ e $1,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s/m}$. Salienta-se que os cálculos do valor médio da capacidade específica de todos os poços tubulares inventariados não foram efetuados devido ao fato de estas distribuições de probabilidade apresentarem-se na forma logaritmica normal.

A transmissividade obtida através de ensaios de bombeamento oscilou entre $1,2 \times 10^{-6}$ e $1,4 \times 10^{-3}$, apresentando correlação com a capacidade específica (Figura 4.7), através da equação:

$$\log_{10} T = 0,9 \times \log_{10} q - 0,5 \times 10^{-6}$$

onde:

TOTAL: 189 POÇOS TUBULARES

FIGURA 4.6 - PROBABILIDADE LOGARÍTMO NORMAL DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS TUBULARES DA REGIÃO DE JUNDIAÍ

FIGURA 4.7 - RELAÇÃO ENTRE CAPACIDADE ESPECÍFICA E TRANSMISSIVIDADE

T = transmissividade em m^2/s

q = capacidade específica em $m^3/s/m$.

Esta equação apresenta uma variação de $\pm 7,5 \times 10^{-6} m^2/s$ para um intervalo de confiança de 95%.

Na Figura 4.7, de acordo com o mencionado no item 4.2, também observa-se a variação destes parâmetros em função da penetração. Os poços com profundidade total entre 120 e 200m que, provavelmente, possuem duas entradas d'água nessa faixa de profundidade, apresentam, em geral, valores mais baixos, tanto para a capacidade específica como para a transmissividade. A diminuição dos valores destes parâmetros reflete a diminuição da permeabilidade com a profundidade.

As permeabilidades direcionais dos sistemas de fraturas da bacia do rio Jundiaí foram estudadas através do modelo numérico de simulação, o "modelo Feel", por Bertachini et al (1981). A retroanálise das permeabilidades direcionais apresentou a razão de anisotropia de 2.6 com valor de $2,6 \times 10^{-5} m/s$ para a permeabilidade direcional do sistema de fraturas $N45^{\circ}E$ e $1,0 \times 10^{-5} m/s$ para o sistema de fraturas $N50^{\circ}W$.

4.4. ANÁLISE DOS CONDICIONANTES MORFOESTRUTURAIS

Nos 189 poços tubulares com as informações hidrogeológicas básicas foi realizado um trabalho complementar de fotointerpretação com as mesmas fotos aéreas analisadas anteriormente (item 3.1). Este trabalho consistiu na caracterização geomorfológica e morfoestrutural do ponto de localização desses poços tubulares.

Em cada ponto analisado foram tabuladas as seguintes características:

- . situação topográfica
- . tipo de vale
- . relevo
- . lineamentos de fraturas associadas a cada poço tubular.

A estes dados obtidos na fotointerpretação acrescentaram-se

- . coordenadas UTM

- . cota
- . profundidade
- . nível estático
- . espessura total do manto de alteração
- . espessura saturada do manto de alteração
- . se o revestimento utiliza ou não filtros
- . capacidade específica
- . capacidade específica por metro de penetração
- . litologia
- . área de drenagem a montante do poço.

A reunião destes dados permitiu compor o Quadro 4.1, lista do no Anexo 1.

4.4.1. Condicionantes Morfológicos

As características morfológicas deduzidas do local de cada poço tubular são:

Situação topográfica, se o poço tubular está localizado em:

- . fundo de vale
- . baixa vertente
- . média vertente
- . alta vertente
- . topo

As espessuras do manto de alteração total e saturado foram correlacionadas com a situação topográfica. De acordo com os dados do Quadro 4.1, os poços situados no topo apresentaram maiores espessuras do manto de alteração saturada e total, que diminuem gradativamente em direção ao fundo dos vales (o termo manto de alteração foi definido no item 4.1). Nos poços situados em fundo de vales a espessura do manto de alteração saturada é cerca de 80% da sua espessura total, enquanto no topo é cerca de 60%. Estas características revelam que genericamente as zonas de alteração total e saturação aumentam do fundo do vale para o topo das encostas, sendo que o aumento é proporcionalmente

Quadro 4.1 - Distribuição das Espessuras Total e Saturada do Manto de Alteração Segundo a Situação Topográfica

Situação Topográfica	Fundo de Vale	Baixa Vertente	Média Vertente	Alta Vertente	Topo
Média da espessura saturada do manto de alteração (metros):	24,3	22,6	29,8	27,6	34,6
Desvio padrão (metros):	16,0	13,3	16,1	15,5	18,2
Média da espessura total do manto de alteração (metros):	29,7	34,2	45,9	45,7	55,6
Desvio padrão (metros):	16,0	18,1	17,1	14,2	19,5
Razão entre espessuras médias saturada e total (%)	81,8	66,1	64,9	60,4	62,2

maior para a zona de alteração total, havendo assim uma variação local da geometria do manto de alteração que impede a sua regionalização.

A capacidade específica dos poços tubulares também foi comparada em função da situação topográfica. A Figura 4.8 ratifica para a área estudada a mesma relação observada em 1954 por Legend (Custódio & Llamas, 1976, pag. 1469), isto é, a capacidade específica dos poços tubulares tende a aumentar seu valor do topo para o fundo do vale, obviamente pelo fato de o fundo do vale reunir maiores possibilidades de estar encaixado em uma zona fraturada.

Consideradas as características observadas com relação à situação topográfica e à capacidade específica e também entre a situação topográfica e a zona de alteração saturada, pode-se concluir que as capacidades específicas obtidas em poços tubulares situados em fundo de vale devem corresponder à contribuição das zonas fraturadas para o poço e a capacidade específica dos poços situados no topo podem corresponder à contribuição apenas do manto de alteração saturado. Isto pode ser constatado ao se observarem as Figuras 4.2 e 4.8, uma vez que os poços que captam água apenas do manto de alteração (Figura 4.2) e aqueles situados no topo (Figura 4.8) apresentam a mesma faixa de valores para a capacidade específica: de $2,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s/m}$ a $4,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s/m}$.

A extensão da drenagem a montante de cada poço tubular, ao contrário do que era esperado, não apresentou nenhuma relação com a vazão de exploração ou capacidade específica. Siqueira (1967), em um trabalho pioneiro sobre a hidrogeologia dos terrenos cristalinos do nordeste brasileiro, aponta como um dos critérios para a locação de poços tubulares a presença de uma grande área de recarga. Nos terrenos cristalinos da área de estudos, a espessa camada de alteração saturada garante uma alimentação ao poço tubular, independente da extensão da área de recarga. Como a correlação foi feita entre a capacidade específica e a área de drenagem a montante do poço tubular, ela reflete apenas o funcionamento em poucos dias, não podendo ser estendida para a operação a longo prazo.

FIGURA 4.8 - PROBABILIDADE LOGARITMO NORMAL DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS TUBULARES SEGUNDO A SITUAÇÃO TOPOGRÁFICA

4.4.2. Condicionantes Estruturais

Em cada um dos 189 poços tubulares do Anexo 1, foram verificados os lineamentos de fraturas que estiveram associados ao poço. Para cada lineamento de fraturas foram computados:

- . a orientação do lineamento: o azimute de 0° a 180° referido no sentido contrário a partir da linha Norte-Sul;
- . a evidência do lineamento, com base na retilinearidade: contrastes de textura e topográficos; os lineamentos foram classificados como sendo de evidência forte, média ou fraca;
- . extensão: o comprimento do lineamento em km;
- . distância: a menor distância entre o poço tubular e o lineamento.

No máximo três lineamentos de fraturas foram associados a cada poço.

Na Figura 4.9 encontram-se as distribuições logaritmo normal dos poços associados a lineamentos de fratura com evidência forte e daqueles com evidência fraca e/ou média. Nesta figura foram considerados apenas os poços situados nesses lineamentos, ou seja, com distância entre o poço e o lineamento igual a zero. Efetivamente os poços tubulares situados em lineamentos com forte evidência de fratura apresentam maiores valores da capacidade específica. Isso significa que a evidência do lineamento fotointerpretado reflete as condições de circulação do meio fraturado, definindo-se assim um critério de locação de poços tubulares na região estudada.

Outro critério de locação de poço tubular bastante discutido pelos hidrogeólogos é a extensão dos lineamentos. Há aqueles que defendem os lineamentos pouco extensos como responsáveis por zonas mais permeáveis e os que defendem o contrário. Para se atingir um pouco de objetividade nesta discussão, foi elaborada a Figura 4.10, a qual são comparadas as distribuições da probabilidade da capacidade específica dos poços situados em lineamentos com forte evidência de fraturas com extensão menor ou igual a 1,2km e aqueles com extensão maior ou igual a 1,3km. A extensão limite de 1,25km foi escolhida apenas por separar duas amostras com número similar de indivíduos.

- + POÇOS ASSOCIADOS A FOTOLINEAMENTOS COM FORTE EVIDÊNCIA DE FRATURA (n=66)
- o POÇOS ASSOCIADOS A FOTOLINEAMENTOS COM FRACO E/OU MÉDIA EVIDÊNCIA DE FRATURA (n=16)

FIGURA 4.9 - PROBABILIDADE LOGARÍTMICO NORMAL DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS TUBULARES ASSOCIADOS A LINEAMENTOS DE FRATURAS

- + POÇOS ASSOCIADOS A FOTOLINEAMENTOS COM EXTENSÃO MENOR OU IGUAL A 1,2 km
(n = 31)
- o POÇOS ASSOCIADOS A FOTOLINEAMENTOS COM EXTENSÃO MAIOR OU IGUAL A 1,3 km
(n = 35)

FIGURA 4.10 - PROBABILIDADE LOGARITMO NORMAL DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS TUBULARES SEGUNDO A EXTENSÃO DOS LINEAMENTOS COM FORTE EVIDÊNCIA DE FRATURAS.

Os poços situados nos lineamentos de maior extensão apresentaram maiores valores da capacidade específica que aqueles com menor extensão. Assim, na região de Jundiá, as falhas ou fraturas de maior extensão tendem a apresentar melhores condições de circulação de água subterrânea no meio fraturado.

Um outro fator considerado foi a distância entre o poço tubular e o lineamento de fratura. O objetivo, ao se verificar este parâmetro, foi a possibilidade de se definir a "espessura" das zonas fraturadas. No entanto, conforme pode ser verificado através do Anexo 1, à medida que aumenta a distância entre o poço tubular e o lineamento diminui a capacidade específica dos poços tubulares.

Além da evidência, extensão e distância, os lineamentos de fraturas foram analisados com relação a sua orientação. Como anteriormente o parâmetro utilizado foi a capacidade específica, desta vez comparou-se o seu valor médio em intervalos de 10° do azimute dos lineamentos em um diagrama de frequência do tipo rosa.

Na Figura 4.11 encontram-se esses diagramas de frequência, os quais foram construídos para os poços situados em lineamentos com evidência forte e/ou média e/ou fraca (Figura 4.11.a), forte e/ou fraca (Figura 4.11.b); e forte (Figura 4.11.c). Nos três diagramas podemos observar que em torno das direções $N45^\circ E$, $N85^\circ W$, $N40^\circ W/N50^\circ W$, $N65^\circ E$ e $N-S$ é que são encontrados os maiores valores médios da capacidade específica, sendo que o intervalo com maiores valores médios da capacidade específica é o entre $N40^\circ E$ e $N50^\circ E$.

A ocorrência de valores médios da capacidade específica mais elevados em determinadas direções está relacionada à gênese das fraturas e/ou falhas contidas nessas direções. Desta forma, comparando-se os valores da Figura 4.11 com a análise geométrica do fraturamento, pode-se entender melhor a natureza do fraturamento da região de Jundiá.

A direção que apresenta maior valor da capacidade específica média é a $N45^\circ E$, que é congruente com a direção das fraturas de tração da fase de deformação Dn e das fraturas e falhas de rejeito direcional sintéticas ao falhamento transcorrente. As fraturas de tração, em geral, tendem a apresentar-se mais abe-

tas, com condições mais favoráveis à circulação da água subterrânea. A importância dessa direção reside também no fato de serem as mais frequentes entre as fraturas de primeira ordem.

Ainda com valores mais elevados da capacidade específica média dos poços tubulares em relação aos demais, encontram-se os lineamentos de fratura com as seguintes direções: $N85^{\circ}W$, $N50^{\circ}W$ a $N30^{\circ}W$, $N10^{\circ}W$ a $N10^{\circ}E$ e $N65^{\circ}E$. Com respeito a estes lineamentos tem-se que:

- . a direção $N85^{\circ}W$ é a das fraturas de tração da fase $Dn + 2$ do falhamento transcorrente;
- . o intervalo entre $N30^{\circ}W$ e $N50^{\circ}W$ corresponde às fraturas e falhas antitéticas (R_1) do modelo de Riedel (in Sadowski, 1984). Estas foram as únicas descontinuidades preenchidas pelos diques de rochas ácidas, devido a, além de outros fatores, serem fraturas e/ou falhas mais abertas;
- . a direção N-S (de $N10^{\circ}W$ a $N10^{\circ}E$) não corresponde às direções dos principais sistemas de fraturas estudadas no item 3.2. São fraturas pouco expressivas, provavelmente geradas na fase Dn como fraturas de cisalhamento que, no entanto, são congruentes com a direção do eixo dobramento $Dn + 2$. No final desta fase ($Dn + 2$) estas fraturas teriam sido "abertas" por alívio de tensão em conformidade com o proposto por Price (1966) e empregado na hidrogeologia por Costa (1980);
- . a direção $N65^{\circ}E$ corresponde à direção do falhamento transcorrente na fase $Dn + 2$ (fraturas Y do modelo de Riedel).

Nos demais intervalos dos diagramas da Figura 4.11, os valores médios da capacidade específica são pequenos, pelo fato de não serem direções de fraturamento favoráveis à circulação das águas subterrâneas.

Desta forma, na região de Jundiá, a direção do fraturamento com melhores condições potenciais de apresentar zonas aquíferas com maior permeabilidade é a $N45^{\circ}E$, seguida pelas direções:

- . $N10^{\circ}W$ a $N10^{\circ}E$
- . $N85^{\circ}W$
- . $N65^{\circ}E$
- . $N50^{\circ}W$ a $N30^{\circ}W$

As principais características das fraturas consideradas como mais permeáveis ou mais abertas são:

- . fraturas de tração, tanto as geradas na fase dúctil como na rúptil;
- . fraturas com elevada frequência de ocorrência, tais como: R_1 e Y, do modelo de Riedel;
- . fraturas abertas por alívio de tensão.

4.5. RESERVAS E RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

A compreensão das reservas e recursos hídricos subterrâneos de um sistema aquífero é a base fundamental para a sua exploração racional. Como coexistem diversas conceituações de reservas e recursos de água subterrânea, cabe uma breve conceituação dos termos empregados. As reservas de água subterrânea representam o volume de água armazenada nos aquíferos, possível de ser mobilizado. Nos aquíferos em estudo, essas águas estão armazenadas nas fraturas da rocha sã e principalmente nos vazios criados pela ação do intemperismo. Em função das condições hidrogeológicas e hidrometeorológicas as reservas se classificam em:

- Reserva renovável, representa a quantidade de água livre armazenada pela recarga anual, e depende da variação interanual da precipitação. As reservas estão estritamente relacionadas com as variações dos níveis piezométricos e com a componente subterrânea do escoamento total dos rios, o denominado escoamento básico. Nos aquíferos estudados a circulação é localizada, não ocorrendo fuga subterrânea de água de uma bacia para outra, como meios granulares. Assim a infiltração eficaz é restituída à rede de drenagem, atuando o aquífero como regulador de recarga.
- Reserva geológica ou permanente, relacionada com os ciclos pluri- anuais de alimentação e descarga do aquífero. Compreendem as águas armazenadas abaixo da zona de flutuação dos níveis piezométricos do aquífero. A sua renovação pode depender de centenas ou milhares de ciclos hidrológicos anuais, e eventualmente compreende águas em zonas fraturadas muito profundas sem possibilidade de recarga.

Os recursos exploráveis representam os volumes de água subterrânea em condições técnicas e econômicas de serem explorados. Nos aquíferos em estudo, a principal limitação técnica é a quantidade de fraturas com boa condutividade hidráulica, e a sua inter-conexão.

4.5.1. Estimativa das Reservas e Recursos

Em função dos parâmetros hidráulicos e da sua geometria, podemos estimar valores regionais das reservas e recursos dos aquíferos cristalinos estudados. Os valores apresentados na forma genérica de mm/ano correspondem à altura da lâmina d'água, que pode ser explorada no tempo de um ano.

a) Reserva renovável:

Corresponde ao valor plurianual do escoamento básico obtido nas simulações em modelo numérico citados nos itens 2.3 e 4.1. Este parâmetro nas três sub-bacias analisadas oscilou entre 195mm/ano e 333mm/ano, sendo o valor médio da ordem de 250mm/ano.

b) Reserva geológica:

Considerando-se a espessura média regional de ~~25mm~~^{25m} de alteração saturada, com materiais com porosidade eficaz entre 0,01 e 0,03 a reserva geológica oscila entre 250mm e 750mm. A rocha não fraturada, devido ao baixo coeficiente de armazenamento, praticamente não contribui para o cálculo da reserva geológica.

c) Recursos exploráveis:

Considerando-se a reserva renovável da ordem de 250mm/ano e a reserva geológica em torno de 500m, teoricamente poder-se-iam explorar os 250mm renováveis anualmente. No entanto, existem algumas limitações de natureza técnica, a saber:

- . densidade, frequência e orientação do fraturamento;
- . conexão hidráulica do meio fraturado como o manto de intemperismo.

Para se alcançar um número significativo procedeu-se ao seguinte roteiro:

- . o poço tubular é a captação economicamente viável para a ex -

plotação de água subterrânea;

- . 50% dos poços tubulares locados em lineamentos com forte evidência de fraturas (Figura 4.9) apresentam capacidade específica maior que $6,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s/m}$;
- . com rebaixamento da ordem de 30 metros em regime de bombeamento de 20 horas por dia, um poço tubular com a capacidade específica mencionada anteriormente produz $5,0 \times 10^4$ metros cúbicos por ano;
- . o valor médio da densidade de fraturas é da ordem de $0,6 \text{ km/km}^2$, isto é, 600m de fraturas ou zona fraturada para cada km^2 ;
- . a frequência média é de duas fraturas por km^2 ;
- . o raio de interferência de um poço a outro da ordem de 300m, com dois poços tubulares em cada km^2 de aquífero.

Nestas condições, cada km^2 (10^6 m^2) de aquífero produz em um ano cerca de 10^5 m^3 de água subterrânea, correspondendo a uma lâmina d'água de 100mm, menos de 50% da reserva renovável. Os recursos exploráveis são da ordem de 100mm/ano ou $3,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ por quilômetro quadrado para toda a área estudada. Nas áreas com maior densidade e frequência dos lineamentos de fratura, indicada na análise de tendência (item 3, Figuras 3.1 e 3.2), esse valor pode atingir até 200mm/ano ou $6,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ por quilômetro quadrado, que é o limite imposto pela reserva renovável.

A forma mais eficiente de exploração desses recursos é a construção de poços tubulares, devidamente localizados nas zonas fraturadas de maior extensão, as quais devem ser preferencialmente orientadas segundo a direção $\text{N}45^\circ\text{E}$ ou então em torno de: N-S , $\text{N}40^\circ\text{W}$, $\text{N}85^\circ\text{W}$ e $\text{N}65^\circ\text{E}$. Estes poços devem captar água através do meio fraturado e apresentar profundidades máximas da ordem de 100 a 150 metros.

Os valores estimados para as reservas e os recursos de água subterrânea na área estudada representam a ordem de grandeza desses valores para os terrenos cristalinos sob clima úmido. A influência do clima não está limitada apenas à disponibilidade de água para efetuar a recarga do aquífero, mas também na sua geometria e características hidráulicas, principalmente nos processos de formação do manto de alteração.

5. HIDROQUÍMICA

Dentre as características hidrogeológicas específicas dos terrenos cristalinos sob clima úmido destaca-se a presença do espesso manto de alteração, resultante da ação do intemperismo físico e químico durante milhares de anos. Do ponto de vista das condições de circulação e armazenamento das águas subterrâneas, o manto de alteração apresenta grande relevância no tocante ao armazenamento da água subterrânea e a sua restituição à rede de drenagem. Quanto à composição química das águas, é no manto de alteração que estas adquirem a sua composição química inicial, atuando no processo de intemperismo das rochas.

No meio fraturado a capacidade de circulação é mais importante que a de armazenar água subterrânea, com as zonas mais intensamente fraturadas atuando no sentido de permitir o aproveitamento das águas armazenadas no manto de alteração. No entanto, apesar da pequena capacidade de armazenamento, as águas no meio fraturado sofrem importantes processos de modificação da sua composição química, assim como de aquisição de íons provenientes da interação com o meio. Dentre as características do meio fraturado estudados destacam-se a variação em área da densidade e frequência do fraturamento e a variação da permeabilidade das fraturas em função da gênese do fraturamento e da profundidade de ocorrência das mesmas.

Para poder-se compreender as relações entre os aspectos hidroquímicos e hidrogeológicos é que se procedeu à coleta e ao tratamento de dados hidroquímicos. Os resultados das análises físico-químicas das águas subterrâneas da área estudada foram processados no programa Consistência que realiza a consistência dos dados hidroquímicos através dos seguintes procedimentos:

- . lista os parâmetros analisados para cada amostra;
- . converte as unidades expressas em miligramas por litro (mg/l), para milequivalentes grama por litro (meq/l);
- . calcula a soma dos ânions, cátions e íons;
- . calcula a diferença em dias entre a coleta e a análise;
- . verifica se a dureza total é compatível com o conteúdo em cálcio e em magnésio da amostra;

- . calcula o resíduo seco a partir dos íons analisados e compara-o com o resíduo seco determinado;
- . compara o pH de campo com o de laboratório;
- . calcula o erro prático e o teórico, indicando se a amostra apresenta ou não balanço iônico;
- . compara a soma de ânions e cátions com a condutividade elétrica;
- . por fim, indica os erros mais prováveis dos parâmetros físico-químico de cada amostra, possibilitando o aproveitamento dos demais parâmetros.

Após o processamento do programa Consistência, as amostras foram separadas em dois grupos: um com as análises completas com balanço iônico e o outro com as análises parciais, das quais foram eliminados os parâmetros com erro de determinação. Os dois grupos de dados foram processados separadamente no programa Qlist (CETEC, 1983), o qual elaborou tabelas com os íons, parâmetros físico-químicos, calculou índices hidroquímicos e relações iônicas (Anexos 2 e 3).

5.1. CLASSIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS

As águas subterrâneas da área estudada apresentam-se muito pouco mineralizadas, o resíduo seco oscila entre 62.mg/l, 376.mg/l, com valores mais frequentes entre 92. mg/l e 242. mg/l. Estas águas foram classificadas de acordo com a composição química pelo método de Stiff (Custódio & Llamas, 1976) em águas bicarbonatadas cálcicas e pelo diagrama triangular de Piper (Figura 5.1) como águas bicarbonatadas mistas a cálcicas. Quanto à composição catiônica, apenas uma amostra (nº J25552 do poço 302-185) apresentou predomínio do sódio sobre os demais cátions. Dentre os ânions, apenas amostras relativas a quatro poços tubulares (302-3; 302-2; 302-218; 302-163) apresentaram concentrações relativas dos cloretos entre 35% e 58% do total de ânions, estes poços apresentando suspeita de contaminação por águas poluídas dos córregos Jacarezinho (302-2 e 302-3), Castanho (302-163) e por um depósito de lixo industrial (302-218).

Na Figura 5.2 estão plotados em mapa os diagramas de Stiff mais representativos das águas da região. O referido mapa tam -

FIGURA 5.1 - DIAGRAMA DE PIPER DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA FOLHA DE JUNDIAÍ

0 1 2 3 4 5 km
ESCALA

PRINCIPAIS LITOLOGIAS

	GNAISSSES E XISTOS
	GRANITOS E ROCHAS AFINS
	XISTOS
	QUARTZITOS

	1,5	1,0	0,5	0,5	1,0	1,5	
(Na ⁺ + K ⁺)	+	+	+	+	+	+	Cl ⁻
Mg ²⁺	+	+	+	+	+	+	SO ₄ ²⁻
Ca ²⁺	+	+	+	+	+	+	(HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ²⁻)
	meq/l					meq/l	

260 - NÚMERO DO POÇO

FIGURA 5.2-CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS UTILIZANDO O DIAGRAMA DE STIFF

bem apresenta a distribuição das principais litologias, mas as únicas variações perceptíveis são aquelas relativas aos quatro poços tubulares mencionados anteriormente.

O íon bicarbonato é o ânion dominante e varia de 33,0mg/l a 140,0mg/l com valores mais frequentes entre 47,0mg/l e 107,0mg/l. O cloreto ocorre secundariamente, em geral com pequenas concentrações inferiores a 35,0 mg/l e o sulfato é praticamente ausente na maioria das amostras. O cálcio é o cátion dominante e a sua concentração oscila entre 3,4mg/l e 33,6mg/l com valores mais frequentes entre 9,8mg/l e 27,8mg/l. O sódio apresenta concentrações entre 3,8 mg/l e 71,0mg/l, com valores mais frequentes entre 1,9mg/l e 30,0mg/l. O magnésio com concentrações entre 0,5mg/l e 8,7mg/l e seus valores mais frequentes situam-se entre 1,4mg/l e 7,2mg/l. O potássio apresenta-se em baixas concentrações com menos de 10% do total de cátions. A razão rMg^{2+}/rCa^{2+} é inferior a 1,0 para todas as amostras e a razão rNa^{+}/rCa^{2+} na maioria das amostras é inferior a 1,0.

Dentre os íons menores, foram obtidas as concentrações do ferro, flúor e nitrato, o ferro total, exceto em uma amostra com 2,4mg/l, apresenta concentrações inferiores a 0,8mg/l, em 77% das amostras a maior concentração é 0,2mg/l. O fluoreto, determinado em apenas doze amostras apresenta concentrações abaixo de 1,0mg/l, exceto em uma amostra com 4,0mg/l. O nitrato determinado em trinta e oito amostras com concentrações entre 0,1mg/l e 65,0mg/l, reúne vinte e quatro amostras com menos de 10mg/l. Dentre as amostras com valores mais elevados da concentração do nitrato, encontram-se as provenientes dos poços 302-2, 302-3 e 302-163 com suspeita de contaminação, justificando assim que os elevados valores de cloreto encontrado nas amostras destes poços não serem provenientes da evolução natural das águas subterrâneas, mas sim de uma possível contaminação, conforme também indica o alto teor de nitrato.

Em conformidade com o "Índice de estabilidade de Ryznar" , (Custódio & Llamas, 1976), as águas da região estudada possuem caráter fracamente corrosivo (vide valores calculados nos anexos 2 e 3). O pH destas águas oscila entre 6,1 e 7,5 na maioria das amostras. O máximo valor encontrado para a dureza total foi 240,0mg/l de $CaCO_3$, acima de 200,0mg/l de $CaCO_3$ foram encontra-

das apenas duas amostras, sendo que na maioria delas este parâmetro não excede 120mg/ℓ de CaCO_3 . O máximo valor de alcalinidade total encontrado foi 116mg/ℓ de CaCO_3 , mas na maioria das amostras este parâmetro situa-se abaixo de 100mg/ℓ de CaCO_3 .

Os índices de troca de bases positiva ($\text{ITB} = (\text{rCl}^- - \text{r}(\text{Na}^+ + \text{K}^+)) / \text{rCl}^-$) e negativa ($\text{ITBN} = (\text{rCl}^- - \text{r}(\text{Na}^+ + \text{K}^+)) / \text{r}(\text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{NO}_3^-)$), (Custódio & Llamas, 1976) apresentam valores geralmente negativos devido ao domínio de sódio sobre o cloreto, caracterizando a origem principal do sódio no processo de hidrólise. Nos anexos 2 e 3 encontram-se listados os valores dos parâmetros referidos anteriormente.

5.1.1. Qualidade das águas para distintos usos

O exame da potabilidade das águas e das restrições ao uso industrial, em função da composição química e da concentração em sais, foi baseado nos padrões estabelecidos pela Environmental Protection Agency - "EPA" através do Water Quality Criteria (1972, in Szikszay, 1982).

Nos diagramas das Figuras 5.3, 5.4 e 5.5 estão ilustrados alguns limites de potabilidade segundo os critérios de Schoeller-Berkaloff (in: Szikszay, 1982), os íons fundamentais não apresentam restrições, apenas o pH e a concentração em nitratos estariam classificados como águas de potabilidade.

Quadro 5.1 - Parâmetros com valores acima do padrão de potabilidade

Parâmetro	Unidade	Padrão E.P.A. (*)	Número de análises	Resultados de análises dentro do padrão
Fluoreto	mg/ℓ de F^-	1.0	12	11
Ferro	mg/ℓ de Fe^{2+}	0,2	48	37
NO_3^-	mg/ℓ de NO_3^-	4.4	38	34
NO_2^-	mg/ℓ de NO_2^-	0,1	7	6

(*) Environmental Protection Agency

POÇO TUBULAR nº	SÍMBOLO
302 - 36	—————
302 - 73	- - - - -
302 - 104	— · — · —
302 - 183	- · - · -
302 - 185	- · - · - · -
302 - 218	·····

FIGURA 5.3 - DIAGRAMA DE ANÁLISE DE ÁGUA (SCHOELLER BERKALOFF)

POÇO TUBULAR nº	SÍMBOLO
302 - 248	—————
302 - 260	- - - - -
302 - 257	— · — · —
302 - 253	— · — · — · —
302 - 163	·····
302 - 101	- · - · - · -

FIGURA 5.4 - DIAGRAMA DE ANÁLISE DE ÁGUA (SCHOELLER BERKALOFF)

FIGURA 5.5 - DIAGRAMA DE ANÁLISE DE ÁGUA (SCHOELLER BERKALOFF)

Em conformidade com o Quadro 5.1, dentre os parâmetros de terminados nas análises físico-químicas completas e parciais (Anexos 2 e 3), apenas o fluoreto, o ferro, o nitrato e o nitrito apresentam análises com valores acima dos padrões de potabilidade.

No que se refere ao uso industrial existem algumas restrições que serão descritas a seguir em função das principais atividades industriais da região estudada:

- . bebidas e sucos de fruta: a única restrição encontrada é quanto ao fluoreto que excede o limite de 1,0mg/l.
- . conservas alimentícias: são encontradas restrições quanto ao cloreto com 6 entre 51 amostras com valores acima do limite de 25,0mg/l; o nitrato reúne 12 entre 38 amostras com valores acima do limite de 15,0mg/l.
- . têxteis: são encontradas restrições principalmente quanto ao cálcio e o magnésio; em 34 determinações destes íons observam-se 26 amostras com valores acima de 10mg/l de cálcio e 10 amostras com mais de 5mg/l de magnésio. O ferro apresenta uma entre 48 amostras com valor acima de 1,0mg de ferro.

No tocante ao uso em irrigação, no Anexo 2 estão os valores calculados da razão de absorção de sódio "SAR" (DAEE, 1981), que se situam abaixo de 2,0, indicando baixo risco de absorção. Como a condutividade elétrica dessas águas está situada abaixo de 300µS/cm, também não há risco de salinização, não havendo restrições para o uso em irrigação.

5.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS HIDROQUÍMICOS

O tratamento estatístico dos dados hidroquímicos da área estudada foi realizado através da análise de agrupamento, que é uma técnica classificatória multivariante para ser usada sempre que se disponha de uma população contendo indivíduos que estejam associados a um número sempre constante de variáveis. Analisa-se simultaneamente a similaridade entre os indivíduos (modo Q) ou entre as variáveis (modo R) considerando-se reciprocamente todas as variáveis de cada indivíduo ou todos os indivíduos da população para cada variável. O método procura criar agrupamento de itens, representado por pontos no espaço n-dimensional,

em um número conveniente de grupos, relacionando-os através de coeficientes de similaridade.

Na execução do método, utiliza-se uma matriz de simetria de coeficiente de associação entre itens (amostra ou variáveis) com cada elemento apresentando o coeficiente de similaridade empregado. Procura-se chegar a uma combinação desses itens de acordo com níveis hierárquicos de similaridade, empregando um procedimento aglomerativo para que a sequência de agrupamentos obedeça uma ordem decrescente de similaridade. Geralmente emprega-se o coeficiente de correlação linear do produto momento (PEARSON) como medida de similaridade para o modo R e o coeficiente de distância euclidiana para o modo Q. Maiores detalhes sobre o método pode ser encontrado em Davis (1973), inclusive um algoritmo para processamento automático.

Foram realizadas análises com vários grupos e sub-grupos de dados hidroquímicos e hidrogeológicos. As amostras ou indivíduos considerados foram os resultados das análises físico-químicas das águas dos poços tubulares e alguns parâmetros hidrogeológicos relativos aos poços. Os sub-grupos de dados foram separados em função de alguma das características que se pretendia observar e da influência na composição química das águas.

Na Figura 5.6 encontra-se o dendograma resultante da análise de agrupamentos entre variáveis (modo R) de um conjunto de amostras formada por dados hidroquímicos e hidrogeológicos relativos a cada poço tubular. As variáveis empregadas foram: o pH, a dureza, a alcalinidade, o resíduo seco, a profundidade do poço, a espessura saturada do manto de alteração, a capacidade específica e a extensão da drenagem principal a montante do local do poço tubular. Forma assim um conjunto de dados com 8 variáveis e 42 amostras.

O referido dendograma revelou que a dureza, a alcalinidade e o resíduo seco formam um grupo com um nível de similaridade da ordem de 0,53. A profundidade do poço e a espessura de alteração saturada formam outro grupo ao nível de similaridade de 0,57. As demais variáveis não se agruparam satisfatoriamente, pois não há praticamente nenhuma correlação entre a capacidade específica, a profundidade e a espessura de alteração saturada com as demais variáveis de natureza hidroquímica. Apenas a ex -

AGRPAMENTO ENTRE VARIÁVEIS HIDROQUÍMICAS E HIDROGEOLÓGICAS

VARIÁVEIS:

1	2	3	4	5	6	7	8
PH	DUREZA	ALCAL.	RESÍDUO	PROF.	ESP SAT	Q/S	DREN.

FIGURA 5.6 - DENDOGRAMA DE PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS E HIDROQUÍMICOS

AGRPAMENTO ENTRE VARIÁVEIS
ANÁLISES COMPLETAS

VARIÁVEIS:

1	SÓDIO + POTÁSSIO
2	CÁLCIO
3	MAGNÉSIO
4	BICARBONATO
5	CLORETO
6	SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

FIGURA 5.7 - DENDOGRAMA DE DADOS HIDROQUÍMICOS

tensão da drenagem apresenta uma fraca similaridade (0,38) com o grupo da dureza, alcalinidade e resíduo seco. Desta maneira fica caracterizado que parâmetros como a profundidade, a capacidade específica e a espessura de alteração saturada não interferem diretamente no comportamento hidroquímico das águas da área estudada.

A Figura 5.7 mostra o dendograma entre variáveis (modo R) de 22 análises físico-químicas completas das águas subterrâneas da região de Jundiaí. As variáveis empregadas foram miliequivalente-grama por litro de sódio mais potássio, cálcio, magnésio, bicarbonato, cloreto e miligramas por litro dos sólidos totais dissolvidos.

As variáveis que apresentaram a maior correlação foram: sódio mais potássio e os sólidos totais dissolvidos (0,87), seguidos do cloreto e do cálcio. Estas quatro variáveis formam um grupo ao nível de similaridade de 0,6. Bicarbonato e magnésio apresentam pouca similaridade entre si e também com relação aos demais íons. A variável sódio mais potássio está diretamente associada ao comportamento da variável sólidos totais dissolvidos. Isto significa que com o aumento da salinidade a concentração de sódio mais potássio também aumenta. Da mesma maneira o cloreto tem seu comportamento associado aos sólidos totais dissolvidos, e ao sódio mais potássio, só que ao nível de similaridade de 0,71 e finalmente o cálcio ao nível de 0,6. Assim sódio, potássio, cloreto e cálcio nas águas da região de Jundiaí têm seu comportamento associado à concentração total em sais na água, isto é, aumentam as suas concentrações com o incremento da salinidade.

Foram realizadas análises de agrupamentos entre amostras (modo Q) para o mesmo conjunto de dados apresentados anteriormente, mas a interpretação dos dendogramas não revelou grupos que se destacassem tanto em área ou por litologia ou pelos parâmetros hidrogeológicos. Separam, apenas, águas com suspeita de poluição e grupos de água de acordo com a concentração salina.

Na Figura 5.8 encontram-se os dendogramas da análise entre variáveis (modo R) dos poços associados aos lineamentos com forte evidência de fraturas (17 poços) e dos poços (25) não associados a lineamentos de fraturas. As variáveis empregadas foram

POCOS SITUADOS FORA DAS ZONAS COM FORTE EVIDENCIA DE FRATURAMENTO
AGRUPAMENTO ENTRE VARIAVEIS

VARIAVEIS:

- 1 PH
- 2 DUREZA
- 3 ALCALINIDADE
- 4 RESIDUO SECO

POCOS ASSOCIADOS A ZONAS COM FORTE EVIDENCIA DE FRATURAMENTO
AGRUPAMENTO ENTRE VARIAVEIS

VARIAVEIS:

- 1 PH
- 2 DUREZA
- 3 ALCALINIDADE
- 4 RESIDUO SECO

FIGURA 5.8 - DENDOGRAMA ENTRE PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

o pH, a dureza, a alcalinidade e o resíduo seco. Ambos os dendo gramas apresentaram as mesmas relações entre as variáveis, evidenciando que na região de Jundiaí a associação ou não com um lineamento de fratura, que representa em área uma zona com maior permeabilidade, não modifica a composição química das águas subterrâneas.

5.3. MINERALIZAÇÃO E EVOLUÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Apesar de não dispormos de determinações da composição química das águas de chuvas da região de Jundiaí, como se trata de uma área continental, distante do mar, as concentrações individuais dos íons fundamentais (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) situam-se na faixa de valores entre 0,1mg/ℓ a 0,5mg/ℓ, isto é, com valores similares aos encontrados por Szikszay (1981) na região de Águas da Prata-SP e por Bertachini & Escodino (1985) na região de Mateus Leme-MG.

A contribuição da água da chuva é muito pequena em termos da composição química da água subterrânea. No entanto, íons como o cloreto, que não é liberado pelos minerais, atinge a concentração de até 30mg/ℓ, significando um substancial aumento da concentração por evaporação, o que será discutido adiante. Assim a influência da composição inicial da água da chuva se faz presente principalmente em íons como o cloreto que não é liberado pela hidrólise dos minerais.

5.3.1. O ataque dos minerais

A água da chuva em contato com o solo aumenta a sua capacidade de solubilização e de ataque dos minerais através da aquisição de ácidos. O ácido mais importante é o H_2CO_3 , obtido pela água do CO_2 provenientes da decomposição da matéria orgânica no solo. O ataque dos minerais é quem fornece a maior quantidade de íons para a água subterrânea dos terrenos cristalinos, que são constituídos por minerais formados sob condições de pressão e temperatura muito mais elevados que as encontradas na zona de circulação da água subterrânea. Esta condição torna estes minerais instáveis e sujeitos à ação do intemperismo físico-químico e biológico. Estes minerais são em geral alumínio-silicatos e o ataque químico é realizado principalmente pelos processos da hi

dratação e hidrólise controlados pelo pH e temperatura das águas. O ataque tende a ser mais rápido nas águas ácidas que nas alcalinas e o CO₂ dissolvido tem papel importante no controle do pH. Os produtos do ataque que podem reagir entre si dando lugar a substâncias insolúveis, como os argilo-minerais.

Na hidrólise são liberados em quantidade maior os cátions alcalinos e alcalinos-terrosos cujas concentrações, além de outros fatores, dependem dos tipos de silicatos presentes. O bicarbonato liberado no processo é abundante, fato que o torna o íon dominante. A sílica fica parte na forma coloidal e parte dissolvida, sendo que a dissolução é maior tanto quanto maior for o pH. A sílica pode também ser liberada do quartzo, porém em quantidades menores. A quantidade de alumínio na água é desprezível, pois este forma as substâncias insolúveis.

Os tipos litológicos predominantes na área de estudos são os gnaisses do Grupo Itapira seguidos pelos xistos da mesma unidade. Estas rochas, do ponto de vista composicional, diferenciam-se apenas pela ocorrência maior ou menor de leitos feldspáticos. O mineral predominante é a biotita, seguida por muscovita, quartzo, plagioclásio, sillimanita e granada. As composições químicas destes minerais são essencialmente:

- . Biotita: $H_2K(Mg, Fe)_3 Al(SiO_4)_3$
- . Muscovita: $(H,K) AlSiO_4$
- . Plagioclásio: de $NaAlSi_3O_8$ até $CaAl_2Si_2O_8$
- . Sillimanita: Al_2SiO_5
- . Granada: $R_3^{2+} R_2^{3+} (SiO_4)_3$

sendo R igual a: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} ou Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{3+} .

Teoricamente, os cátions dominantes nas águas subterrâneas dessas rochas deveriam ser potássio, magnésio e ferro. Estes cátions estão presentes nos minerais mais abundantes. No entanto, a ordem de alterabilidade dos silicatos (Goldich, 1938 in Parisot, 1983), evidencia que a biotita e a muscovita são menos alteráveis que outros minerais presentes, como o plagioclásio cálcico. Desta forma é explicado o predomínio do cálcio sobre os de

mais cátions.

5.3.2. Modificações físico-químicas

O potássio, o magnésio e o ferro, provenientes da alteração da biotita, deveriam apresentar concentrações maiores que o sódio proveniente dos plagioclásios sódicos, em função de estes minerais apresentarem a mesma alterabilidade (Goldich, 1983 in Parisot, 1983) e a biotita ser predominante. No entanto, o ferro e o potássio apresentam concentrações pequenas devido a outros fatores, tais como oxi-redução e a troca iônica. No caso do potássio é evidente a ação de um dos processos de modificação da composição química, uma vez que este íon apresenta as menores concentrações dentre os cátions fundamentais (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+). Isto deve-se ao fato de o potássio ser mais bem fixado no processo de troca iônica ou adsorção química, pois o seu diâmetro atômico possui o mesmo tamanho da distância inter-camadas da estrutura de certos argilos minerais. Assim o potássio liberado pela hidrólise é rapidamente adsorvido pelos argilos minerais, impedindo o aumento da concentração deste elemento na água subterrânea.

A oxidação pode explicar, em parte, o motivo de o ferro estar presente nos minerais mais abundantes e ao mesmo tempo apresentar baixas concentrações nas águas. Provavelmente grande parte do ferro liberado na hidrólise dos minerais oxida-se formando compostos insolúveis, uma vez que nas camadas mais superficiais do manto de alteração o ambiente é predominantemente oxidante. Nos ambientes redutores, apesar de solubilizado, o ferro forma os compostos insolúveis com o íon sulfeto provenientes da redução do sulfato, justificando assim a ausência destes dois íons nas águas estudadas. No processo de redução dos sulfatos, o equilíbrio entre CO_3^{2-} , HCO_3^- e CO_2 é alterado pelo aumento da concentração do bicarbonato e como consequência disto a concentração de CO_2 também aumenta, tornando a água mais ácida e possibilitando a hidrólise dos minerais.

5.3.3. Influência das condições climáticas e de circulação

A pluviosidade, a evaporação e a temperatura ambiente atuam sobre o processo de dissolução dos minerais e da evolução da com

posição química da água subterrânea. A água de chuva lixivia os terrenos e carrega os produtos solubilizados para o aquífero. A evaporação permite o aumento da concentração dos íons mais solúveis e quando muito intensa leva à supersaturação e à formação de crostas salinas no solo, as quais, após a chuva, ao retornarem para o aquífero provocam a concentração progressiva da água. A temperatura elevada em conjunto com a umidade favorece a atividade dos microorganismos e a produção do CO_2 , que são os fatores primordiais no ataque dos minerais. A combinação destes três fatores em diferentes climas conduz a processos distintos de hidrólise dos minerais e conseqüentes variações na composição química e salinidade das águas. O clima sub-tropical úmido, dominante na área em estudo, favorece o desenvolvimento da vegetação que, por conseguinte, fornece mais quantidade de matéria orgânica aos solos. Desta maneira há uma maior produção de CO_2 que acarreta o aumento do ácido carbônico na água, incrementando assim o ataque dos minerais.

Na região de Jundiá, o efeito do aumento da concentração por evaporação é bastante reduzido devido ao clima dominante não apresentar uma estação seca bem definida. Isso leva a uma renovação constante das águas dos solos e dos horizontes mais superficiais do manto de alteração. O período relativamente mais seco coincide com o inverno, no qual a temperatura média é menor, com a conseqüente menor taxa de evaporação. Conforme mencionado anteriormente, íons como o cloreto, ausente dos minerais e rochas da região, chegam a concentrações até sessenta vezes maior que aquelas supostamente encontradas nas águas de chuva, revelando que a concentração por evaporação também ocorre nessas águas. No entanto, em terrenos cristalinos sob clima semi-árido, como no nordeste brasileiro, a concentração por evaporação é tão intensa que os cloretos atingem concentrações de até 3.000mg/l, conforme pode ser observado nos trabalhos de Cruz (1967) e Santos et al (1984).

Embora relativamente menor que nos terrenos cristalinos sob clima semi-árido, a evaporação tem importância na evolução da composição química das águas subterrâneas destes terrenos sob clima úmido. Isto pode também ser verificado através da análise de agrupamentos realizada entre os íons principais e os sólidos totais dissolvidos (item 5.2., Figura 5.7). Sódio mais potássio

e cloreto apresentam maior coeficiente de similaridade com os sólidos totais dissolvidos de que os íons mais abundantemente liberados no processo de hidrólise, como o bicarbonato e o cálcio. Nesta relação intervêm também fatores como a alta solubilidade do sódio e do cloreto, mas indica principalmente a ação da evaporação no aumento da concentração destas águas.

Nos terrenos cristalinos sob clima úmido as características geométricas do aquífero influenciam no processo de circulação das águas. Há presença de duas sub-zonas aquíferas: o manto de alteração saturada com alta capacidade de armazenamento d'água e baixa capacidade de circulação; e o meio fraturado com baixa capacidade de armazenamento e alta capacidade de circulação. No manto de alteração a superfície de contato água-rocha é maior e assim como aportam águas menos mineralizadas e com mais gás carbônico, a hidrólise tende a ser total e a intemperizar todos os minerais da rocha. No meio fraturado a superfície de contato água-rocha é menor e as águas chegam já mineralizadas, com menor agressividade. A hidrólise tende a ser parcial e a intemperizar apenas os minerais de maior alterabilidade.

Nas águas da região de Jundiaí não foi possível verificar as modificações na composição química existente entre as águas e o manto de alteração e as águas do meio fraturado e tampouco a variação da composição química com o aumento da profundidade. No entanto, foi possível verificar, através da análise de agrupamentos (Figura 5.6, página 81), que existe uma pequena correlação entre a extensão da área de drenagem à montante do poço tubular e a composição química de suas águas, principalmente quanto ao resíduo seco, dureza, alcalinidade com o trajeto da água subterrânea no meio fraturado. Isto significa que existe uma circulação regional neste tipo de aquífero pois, apesar de constituir zonas aquíferas localizadas, condicionadas pelo fraturamento, em pelo menos parte dos poços tubulares, nota-se que o aumento da salinidade pode estar associado ao aumento da extensão da bacia de drenagem. Como a superfície piezométrica acompanha a topografia, a "extensão da drenagem" presta-se a ser um parâmetro que caracteriza o percurso da água subterrânea no meio fraturado.

As águas subterrâneas dos terrenos cristalinos sob clima ú

mido tendem a apresentar concentrações de sólidos totais dissolvidos geralmente abaixo de 300mg/l, com bicarbonato como íon dominante e cátions refletindo as litologias presentes ou o efeito dos fenômenos de modificação da composição química. A origem do bicarbonato é o gás carbônico produzido pela matéria orgânica no solo, o qual, em equilíbrio com a água, transforma-se em ácido carbônico e finalmente, após hidrólise, passa a ser o bicarbonato. Os cátions, aos menos em grande parte, são liberados na hidrólise, o cloreto e uma pequena parte dos cátions são atribuídos à água da chuva e a evaporação atua de modo a aumentar a concentração destes íons. Assim o clima regula direta ou indiretamente o aporte em sais à água subterrânea, diretamente controlando o processo de hidrólise e evaporação; indiretamente através da formação da biomassa que produz o CO_2 .

5.4. CARACTERÍSTICAS DOS TERRENOS CRISTALINOS SOB CLIMA ÚMIDO

Como os dados hidroquímicos da área de estudos à exceção das amostras com suspeita de contaminação apresentaram-se bastante homogêneos, procurou-se então comparar estes resultados com outros de áreas cristalinas também situados sob o domínio de clima úmido. Estas áreas foram selecionadas em função da disponibilidade dos dados, da confiabilidade e da padronização dos procedimentos de consistência das análises físico-químicas. Desta maneira, os dados hidroquímicos da área de estudo foram comparados com aqueles relativos aos terrenos cristalinos do centro-leste do Estado de São Paulo (DAEE, 1981), e da bacia de Juatuba, região de Mateus Leme (CETEC, 1983 e Bertachini & Escodino, 1985).

Nas Figuras 5.9 e 5.10 encontram-se os mapas de localização das áreas selecionadas. Os terrenos cristalinos do centro-leste paulista, além de estarem situados sob a mesma região ecológica da folha de Jundiaí, pois a abrangência reflete informações sobre as características hidroquímicas de uma vasta área. A bacia de Juatuba reúne dados de uma área mais restrita e com condições climáticas um pouco distinta, o inverno é temperado e seco e o verão é quente e úmido, com 1.100mm de média plurianual da precipitação distribuídos durante os meses de novembro a março.

Na Figura 5.11 encontra-se o diagrama de Piper das águas da área estudada e daquelas citadas anteriormente. Os tipos hidro -

FIGURA 5.9 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA DE JUATUBA

5ª REGIÃO ADMINISTRATIVA

CONVENÇÕES

- Terrenos cristalinos
- Baía do Paranã
- Folha de Jundiá

Fonte: DAEE, 1981

FIGURA 5.10-LOCALIZAÇÃO DOS TERRENOS CRISTALINOS DO CENTRO-LESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

químicos predominantes são as águas bicarbonatadas mistas, ocorrendo secundariamente águas bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas sódicas. Os três conjuntos de dados são bastante similares, destacando-se apenas a tendência das águas da folha de Jundiaí e do centro-leste paulista em prevalecerem dentre as águas bicarbonatadas mistas e cálcicas. Quanto à salinidade estas águas situam-se geralmente abaixo de 300mg/l. Algumas das amostras com maior conteúdo de cloretos e sulfatos expostas no diagrama da Figura 5.11 ou são provenientes de poços tubulares com suspeita de contaminação ou águas do manto de alteração pouco mineralizadas com condutividade elétrica menores que 20µS/cm. A análise dos dados hidroquímicos relativos ao centro-leste paulista permitiu observar a ocorrência de algumas modificações nas composições químicas em função do aumento da profundidade dos poços tubulares, o que não foi observado nos dados da área de estudo. Apesar da profundidade não ser um parâmetro que reflita diretamente a profundidade das fraturas com circulação de água, os poços mais profundos tendem a apresentar entradas d'água (fraturas) mais profundas.

Na Figura 5.12 pode-se verificar que com o aumento da profundidade o resíduo seco tende a ser maior. A relação rK^+/rNa^+ tende a diminuir e a apresentar maior dispersão de valores. Da mesma forma a relação rMg^{2+}/rCa^{2+} é maior que 0,5 para os poços com mais de 125m de profundidade e com valores entre 0,5 e 1,0 para os poços com menos de 100m de profundidade. Estas modificações na composição química em função da profundidade decorrem das condições de circulação no meio fraturado. Geralmente as fraturas mais superficiais são mais abertas e mais interconectadas entre si, em consequência há uma maior renovação da água e menor concentração progressiva. As fraturas mais profundas são menos permeáveis, acarretando um maior tempo de residência da água ou mesmo impossibilitando a renovação. Desta forma a hidrólise leva a concentração progressiva, enquanto que a troca iônica e a oxi-redução atuam de forma a modificar a composição química dessas águas.

A concentração progressiva das águas com o aumento da profundidade dos poços fica evidente uma vez que o resíduo seco apresenta maiores concentrações nas águas de poços mais profundos. A diminuição da relação magnésio-cálcio e potássio-sódio,

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS TERRENOS CRISTALINOS :

- DA BACIA DE JUATUBA, REGIÃO DE MATEUS LEME -MG, 80 AMOSTRAS - FONTE : CETEC , 1983
- x DA REGIÃO LESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO , 36 AMOSTRAS - FONTE : DAEE , 1981
- DA FOLHA DE JUNDIAÍ, 17 AMOSTRAS

FIGURA 5.11 - DIAGRAMA DE PIPER DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS TERRENOS CRISTALINOS SOB CLIMA ÚMIDO

PROFUNDIDADE DOS POÇOS TUBULARES AMOSTRADOS:

———— INFERIOR A 100 METROS; ----- ENTRE 101 e 150m; -.-.-.- SUPERIOR A 150 METROS.

FIG. 5.12 - DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE LOGARÍTMICO NORMAL SEGUNDO A PROFUNDIDADE DOS POÇOS TUBULARES.

com o aumento da profundidade, é indicadora da ação da troca iônica e da hidrólise parcial. Tardy (1969) utiliza a relação potássio-sódio como um indicador da hidrólise pois os feldspatos potássicos são menos alteráveis que os sódicos; o mesmo raciocínio pode ser aplicado para justificar o predomínio de cálcio sobre o magnésio por que os feldspatos cálcicos estão entre os minerais mais alteráveis.

Os dados hidroquímicos da bacia de Juatuba são provenientes de amostras d'água do manto de alteração e do meio fraturado. A existência de águas do manto de alteração explica o porquê de águas sódicas, cálcicas e magnesianas no diagrama da Figura 5.11. As águas do manto de alteração apresentam relações catiônicas correspondentes aos tipos litológicos em que circulam, conforme foi constatado nos estudos realizados naquela bacia (Bertachini & Escodino, 1985). No referido estudo os autores evidenciam que nas águas de fontes e poços escavados do manto de alteração de rochas graníticas os cátions alcalinos (sódio e potássio) predominaram sobre os alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), enquanto que nas águas provenientes do manto de alteração dos xistos, os alcalinos terrosos são dominantes. No entanto as águas dos poços tubulares profundos provenientes do meio fraturado tendem a se apresentar como mistas e mais salinizadas, uma vez que são águas com maior tempo de percolação e submetidas a troca iônica e concentração progressiva.

O observado na bacia de Juatuba evidencia que as águas do manto de alteração são menos mineralizadas e com os cátions dominantes refletindo os tipos litológicos presentes. Na medida em que aumenta o tempo de residência e as águas passam do manto de alteração para o meio fraturado mais profundo, a concentração salina da água aumenta progressivamente, ao mesmo tempo em que se modificam as relações catiônicas através da troca iônica.

As relações hidroquímicas verificadas nas três áreas em questão põem em evidência alguns dos condicionantes da zonalidade das águas subterrâneas dos terrenos cristalinos. Sem dúvida, alguma o clima tem um papel importantíssimo tanto na mineralização como na evolução da composição química, desde que a aquisição do CO₂ pela água no solo até o controle do processo de hidrólise e a concentração por evaporação e renovação das águas

subterrâneas, além de, é claro, influir na própria geometria do aquífero. A zonalidade climática pode ser mais bem observada quando comparamos as águas dos terrenos cristalinos sob clima úmido com aquelas dos terrenos cristalinos do semi-árido do nordeste brasileiro, em que a salinidade é muito mais acentuada e o íon dominante é o cloreto, refletindo o processo de concentração por evaporação.

A zonalidade litológica é mais bem observada nas águas do manto de alteração que no meio fraturado, visto que no manto de alteração predomina o processo de hidrólise com a mineralização das águas subterrâneas. Os contrastes litológicos são mais observados entre os cátions que, em função das associações de minerais presentes, determinados cátions são liberados em quantidades maiores. Quanto mais intensa for a hidrólise mais se refletem os distintos tipos de rocha na composição química das águas, pois todos os minerais são hidrolizados.

A zonalidade vertical da água subterrânea pode ser observada tanto na modificação da água do manto de alteração para o meio fraturado, como no meio fraturado em que a composição química da água subterrânea varia em função da diminuição da permeabilidade com a profundidade. No meio fraturado a hidrólise ocorre em menor intensidade ao mesmo tempo em que tende a ser parcial, atacando apenas os minerais mais alteráveis. Os processos de modificações físico-químicos, como a oxi-redução e a troca de bases, alteram a composição química dessas águas em profundidade. As condições de circulação em profundidade é que exerce o controle sobre a hidrólise e os processos de modificação da composição química. Como a permeabilidade diminui com a profundidade, as condições de circulação modificam-se e, por conseguinte, tendem a modificar a composição química das águas.

6. CONCLUSÕES

A influência das condições climáticas no comportamento hidrogeológico e hidroquímico dos terrenos cristalinos da área de estudo evidencia-se na própria geometria do aquífero através da presença de um espesso manto de alteração, proveniente da ação do intemperismo, o qual, nos últimos 7000 anos, esteve condicionado pela estabilização das atuais condições climáticas. O aquífero estudado divide-se em duas subzonas aquíferas: o manto de alteração saturado e o meio fraturado propriamente dito. A primeira apresenta elevada capacidade de armazenamento de água subterrânea e baixa permeabilidade; por outro lado, o meio fraturado possui baixa capacidade de armazenamento e zonas com alta permeabilidade. Estas duas subzonas aquíferas encontram-se interdigitadas, atuando como um sistema aquífero a dupla porosidade: porosidade de interstícios (manto de alteração) e porosidade de fraturas (meio fraturado).

A circulação, o armazenamento e a exploração das águas subterrâneas neste sistema aquífero também estão condicionados por outros fatores tais como a geomorfologia e a evolução geológica-estrutural. Dos aspectos geomorfológicos, salientam-se o condicionamento da precipitação pluviométrica com a topografia dos terrenos, a diminuição da espessura do manto de alteração do topo para o fundo dos vales e o emprego de critérios morfológicos para a conceituação da evidência dos fraturamentos fotointerpretados.

Quanto à evolução geológica-estrutural verificou-se que foi o fator preponderante no desenvolvimento do meio fraturado propriamente dito, o qual depende essencialmente da intensidade, frequência e abertura das fraturas. O falhamento com direção N50W que corta a área de nordeste para sudeste, controla regionalmente a distribuição das zonas fraturadas. A norte deste falhamento e na extremidade sudeste da folha de Jundiaí, quando este se encontra com a falha de Jundiuvira, é que são encontradas as áreas com maiores valores da densidade e frequência do fraturamento.

Na área estudada os sistemas de fraturas mais permeáveis, ou seja, mais propícios para a locação de poços tubulares, são aqueles com direção em torno de N45°E, seguidos pelos sistemas

de fraturas: $N85^{\circ}W$, $N50^{\circ}W$, $N-S$ e $N65^{\circ}E$. As origens genéticas destes sistemas de fraturas mais abertas são as fraturas de tração tanto da fase dúctil como da rúptil, as fraturas R_1 (antitéticas), as fraturas concordantes com a direção da última fase do falhamento transcorrente e as fraturas abertas por alívio de tensão. Além disso, as frautras com maior comprimento são também as mais favoráveis em relação às aquelas de menor extensão. Desta maneira as áreas mais favoráveis à locação de poços tubulares são aquelas associadas a extensos lineamentos de fratura orientados preferencialmente nas direções referidas anteriormente, com ênfase na $N45^{\circ}E$.

As águas subterrâneas dos terrenos cristalinos da área estudada são fortemente bicarbonatadas, em geral mistas ou com um pequeno predomínio do cálcio. São também águas pouco mineralizadas com resíduo seco geralmente menor que 300mg/l. No meio fraturado observa-se que com o aumento da profundidade ocorrem uma concentração progressiva e modificação das relações catiônicas. As águas subterrâneas de outras áreas de terrenos cristalinos sob clima úmido analisadas neste estudo apresentam características similares, modificando-se apenas a composição catiônica, principalmente em função das litologias presentes.

No tocante às relações com as águas superficiais, o aquífero restitui à rede de drenagem superficial valores entre 200mm/ano e 330mm/ano (escoamento básico, médias multianuais) que correspondem a cerca de 50% do escoamento total das bacias. A infiltração eficaz ou recarga varia da ordem de 16% a 25% da precipitação total. Os recursos exploráveis são da ordem de 100mm/ano, sendo a principal limitação à exploração a frequência e a densidade da área dos fraturamentos. Nas áreas com maior densidade e frequência do fraturamento os recursos exploráveis podem atingir até 200mm/ano, que é o valor estimado para a reserva renovável. As águas subterrâneas da região de Jundiaí não oferecem restrições ao consumo humano e ao uso agrícola, com algumas restrições para determinados usos industriais.

Acredita-se que os procedimentos metodológicos aplicados neste estudo alcançaram os objetivos propostos, no tocante a possibilitar a compreensão dos principais condicionantes intervenientes na circulação, armazenamento, exploração e evolução da composição química das águas subterrâneas em terrenos cristali-

nos sob clima úmido. As conclusões obtidas para a área de estudo não podem obviamente ser extrapoladas mecanicamente para outras áreas, mas, no entanto, os procedimentos metodológicos adaptados ou desenvolvidos para este estudo poderão ser aplicados em outras áreas de terrenos cristalinos sob clima úmido, com o intuito de se realizarem a prospecção e a avaliação das reservas e recursos hídricos subterrâneos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de. - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista. Bol. Inst. Geogr. Geol., São Paulo (41):169-263.
- BATISTA, J.J.; SIMÕES, L.S.A.; OLIVEIRA, M.A.F.; SOUZA FILHO, E. S. - 1986 - Carta geológica do Estado de São Paulo - Escala 1:50.000 - Folha de Jundiaí. Convênio SICCT/Pró-Minério - IGCE (UNESP), Rio Claro-SP, vol. I, p.115, circulação restrita.
- BERTACHINI, A.C. e ESCODINO, P.C.B. - 1985 - Evolução hidroquímica da região de Mateus Leme-MG. In: III Simpósio Brasileiro de Geoquímica - Sociedade Brasileira de Geologia, Ouro Preto. Anais da SBG, no prelo.
- ; MISTRETA, G.; CAMPOS, H.C.S.N. e HOSANSKI, J.M. - 1981 - Estudo de um aquífero fraturado por um modelo de simulação, aplicação à bacia do rio Jundiaí - Análise preliminar. In: IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Fortaleza. Anais da ABRH, p.711-719.
- BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S. - 1981 - Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Monografias, 6.
- BRAZ DA SILVA, A. - 1984 - Análise morfoestrutural, hidrogeológica e hidroquímica no estudo do aquífero cárstico do Jaíba, Norte de Minas Gerais. São Paulo, p.189. (Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo), circulação restrita.
- CETEC-FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - 1983 - Determinação do funcionamento hidráulico dos aquíferos através de parâmetros químicos - Belo Horizonte-MG, p.150, circulação restrita.

CETEC-FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - 1987 - De -
senvolvimento de métodos de interpretação dos dados geolôgi-
co-estruturais para a prospecção de água subterrânea em aquí-
feros fraturados - Belo Horizonte-MG, p.100, circulação res-
trita.

COSTA, W.D. - 1980 - A hidrogeologia do cristalino à luz da me-
cânica das rochas. In: Congresso Brasileiro de Águas Subter-
râneas, Recife. Anais da ABAS, vol. 1, p.375-383.

CRUZ, W.B. - 1967 - Alguns aspectos da circulação e salinização
da água subterrânea em rochas cristalinas no nordeste do Bra-
sil. Série, BRASIL SUDENE, Hidrogeologia, 8. Recife. p.146.

CUSTODIO, E.G. e LLAMAS, M.S. - 1976 - Hidrología subterrânea.
Ediciones Omega, Barcelona, vol. I e II, p.2359.

DAVIS, J.C. - 1973 - Statics and data analysis in geology. John
Wiley Sons Inc., New York, p.549.

DAEE-DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - 1981 - Estudo de
águas subterrâneas na região administrativa 5 (Campinas). Se-
cretaria de Obras e do Meio Ambiente, São Paulo, vol. I, p.
627.

FIORI, A.P.; WERNICK, E.; BITTENCOURT, J.S. - 1978 - Evolução po-
licíclica na região nordeste do Estado de São Paulo e áreas
vizinhas do Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO
DE GEOLOGIA, 30, Recife, Anais da SBG, v. 1, p.309-320.

FRANGIPANI, A. - 1982 - Análises dos critérios para locação de
poços em áreas cristalinas, Instituto de Pesquisas de São
Paulo, Relatório nº 14614, São Paulo, p.110, circulação res-
trita.

GOUVÊA da SILVA, R.B. - 1983 - Estudo hidroquímico e isotópico
das águas subterrâneas do aquífero Botucatu no Estado de São
Paulo. São Paulo, p.133 (Tese de Doutorado apresentada ao
Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo), cir-
culação restrita.

- GUERRA, A.T. - 1969 - Dicionário geológico-geomorfológico. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia, Rio de Janeiro, p. 439.
- HAMA, M.; ALGARTE, J.P.; UAIFFER, O.L.O.; ARTUR, A.C. - 1979 - Idades Rb/Sr e K/Ar na região sul de Minas Gerais e leste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 2, Rio Claro-SP, Atas da SBG, v. 1, p.71-86.
- HARDING, T.P. - 1974 - Petroleum traps associated with wrench faults. In: American Association of Petroleum Geologists Bulletin. v. 58(7), p.1290-1304.
- HASUI, Y. - 1983 - Aspectos geológicos essenciais da seção Cacondé-Caraguatatuba e suas implicações na reconstituição da organização e evolução do pré-Cambriano do leste paulista. In: JORNADA SOBRE A CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO EM 1:50.000 1, São Paulo, PRÓ-MINÉRIO. p.227-252, circulação restrita.
- & OLIVEIRA, M.A.F. - 1984 - Província Mantiqueira - Setor Central. In: O PRÉ-CAMBRIANO NO BRASIL. Editora Edgard Blücher, São Paulo.
- & SADOWSKI, G.R. - 1976 - Evolução geológica do pré-Cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. REV. BRAS. GEOC., v. 6(3), p.180-200.
- . PENALVA, F.; HENNIES, W.T. - 1969 - Geologia do Grupo São Roque. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23. Salvador, Anais da SBG. p.101-134.
- . TOGNON, A.A.; SOARES, L.; CSORDAS, S.M. - 1978 - Geologia e tectônica da Serra do Japi. Bol. IG, 9:17-24.
- ; PONÇANO, W.L.; BISTRICHI, C.A.; STEIN, D.P.; GALVÃO, C.A.C.F.; GIMENEZ, A.F.; ALMEIDA, M.A.; MELO, M.S.; PIRES NETO, A.G. - 1977 - As grandes falhas do leste paulista. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1, São Paulo, Anais da SBG, p.369-438.

- LANDIM, P.M.B.; BOGAERT, M.O.; SILVA, A.P. & SZULMAN, S. - 1978-
Análise de superfícies de tendências. Secretaria de Obras e
do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Departamento de Á-
guas e Energia Elétrica, São Paulo, p.53. inédito.
- LARSON, I. - 1977 - Ground water in hard rocks. In: International
Seminar, Ground Water in Hard Rocks, Stockolm, p.40.
- LOCZY, L. & LADEIRA, E.A. - 1976 - Geologia estrutural e intro-
dução a geotectônica. Editora Edgard Blücher, p.528.
- MARTIN, L.; MAU, H.; BJORBERG, A.J.S. - 1959 - Vale pré-glacial
a nordeste de Jundiaí. Bol. SOC. BRAS. GEOL., São Paulo, v.
8(2), p.35-40.
- PARISOT, E.H. - 1983 - As águas subterrâneas no centro-oeste do
município de São Paulo - Características hidrogeológicas e
hidroquímicas. São Paulo, p.94 (Dissertação de mestrado apre-
sentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São
Paulo) circulação restrita.
- PENALVA, F. - 1971 - Sedimentos neocenoicos nos vales dos rios
Jundiaí, Atibaia e Jaguari (Estado de São Paulo). BOL. PAUL.
GEOGR., São Paulo, vol. 46, p.107-138.
- PONÇANO, W.L. (Coord.) et al. - 1981 - Mapa geomorfológico do
Estado de São Paulo, escala 1:50.000. Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado de São Paulo. Monografia. São Paulo-SP
- PRICE, N.J. - 1981 - Fault and joint development in brittle and
semi-brittle rock. Pergamon Press Inc., New York, p.176.
- SADOWSKI, G.R. - 1984 - Estado da arte do tema: Geologia estru-
tural de grandes falhamentos. In: XXXIII Congresso Brasilei-
ro de Geologia, Rio de Janeiro, Anais da SBG, p.1767-1783.
- SANTOS, J.P.; AZEVEDO, S.G.; MISTRETTA, G. - 1984 - Novos aspec-
tos da salinização das águas subterrâneas do cristalino do
Rio Grande do Norte. Comunicação Técnica 314, INSTITUTO DE
PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, São Paulo, p.
70.

- SIQUEIRA, L. - 1967 - Contribuição da geologia à pesquisa de água subterrânea no cristalino. Revista Água Subterrânea. v. (1):p.1-29, Recife,
- SZIKSZAY, M. - 1981 - Hidrogeoquímica das fontes de águas da prata, Estado de São Paulo - Origem, Classificação e Caracterização. São Paulo, vol. I e II, p.273 (Tese de Livre Docência apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo), circulação restrita.
- - 1982 - Geoquímica das águas - Curso de Pós-graduação. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
- TARDY, Y. - 1969 - Géochime des altérations. Étude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Mem. Serv. Géol. Alsace-Lorraine, Strasbourg, 31, p.199.
- WERNICK, E. - 1978 - Contribuição à estratigrafia do pré-Cambriano do leste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas. REV. BRAS. GEOC. v. 8(3):p.206-316.
- ; OLIVEIRA, M.A.F.; KAWASHITA, U.; CORDANI, U.G.; DELHAL, J. - 1976 - Estudo geocronológico pelo método Rb/Sr em rochas do Bloco Jundiaí e regiões adjacentes. REV. BRAS. GEOC. v. 6(2) p.125-136.
- WOHLERS, A; MEZZALIRA, S; SETZER, J. - 1954 - Folha Geológica de Jundiaí, escala 1:100.000. Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo.

ANEXO 1

LISTAGEM DAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS E MORFOESTRUTURAIS
DOS POÇOS TUBULARES

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DOS POCOS TUBULARES

NUM. POCO	COORDENADAS E W		COORDENADAS N S		COTA TERRENO	PROF	NE	ALTERACAO: TOTAL SAT FIL			Q/S	Q/S/P	SITUACAO TOPOGRAF.			VA	RE	COMP	LITO	FRATURAS			FOTO-INTERPRETADAS:			AZI- E COM			DF
	(KM)	(KM)	(KM)	(KM)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	TRO	M2/H	M2/H/M	1	2	3	4	5	(KM)	LO-GIA	AZI- MUTE	E COM	DF	AZI- MUTE	E COM	DF	AZI- MUTE	E COM	DF	
12	309.30	454.00	765.00	180.	16.0	16.0	0.0				0.400	.0024	BV	0.50	VP	AC	0.4	PIGN	175.ME	1.1	.12	70.FO	1.0	.20	0.	0.0	.0		
13	309.45	453.95	780.00	250.	21.0	53.0	32.0				0.010	.0000	MV	0.50	VP	AC	0.1	PIGN	175.ME	1.1	.25	70.FO	1.0	.30	0.	0.0	.0		
14	308.13	454.20	750.00	120.	0.0	35.0	35.0				0.030	.0003	FV	0.0	VP	AC	1.0	PIGN	90.FO	1.0	.0	35.FO	1.2	.25	0.	0.0	.0		
19	300.27	446.70	680.00	55.	2.0	2.0	0.0				1.500	.0283	FV	0.0	VP	OF	10.0	PIGN	145.FO	0.9	.0	65.FO	0.8	.0	0.	0.0	.0		
20	299.50	447.15	725.00	60.	0.0	0.0	0.0				0.300	.0050	BV	CX0.30	VR	OF	0.1	PIGN	15.FO	0.6	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
21	299.15	446.50	660.00	82.	1.5	28.0	27.0				0.140	.0017	FV	0.0	VP	OF	2.4	PIGN	130.FO	2.6	.0	45.FO	0.9	.20	0.	0.0	.0		
22	299.05	446.60	660.00	120.	3.6	28.0	24.0				0.970	.0083	FV	0.0	VP	OF	2.4	PIGN	130.FO	2.6	.0	45.FO	0.9	.0	0.	0.0	.0		
24	297.77	446.75	655.00	120.	2.0	34.0	32.0				0.440	.0037	FV	0.0	VR	OS	8.0	PIGN	60.FO	0.7	.0	145.FR	0.7	.06	0.	0.0	.0		
26	297.10	445.85	660.00	98.	4.0	28.0	24.0				0.100	.0011	FV	0.0	VR	OS	6.0	PIGN	60.FO	0.7	.06	145.FR	0.7	.0	0.	0.0	.0		
27	297.20	445.95	660.00	100.	2.0	67.0	65.0				0.140	.0014	FV	0.0	VR	OS	6.0	PIGN	60.FO	0.7	.06	145.FR	0.7	.0	0.	0.0	.0		
28	297.30	445.40	680.00	100.	12.0	67.0	55.0				F 0.060	.0007	FV	0.0	OS		0.6	PIGN	50.FO	0.7	.24	140.FR	0.5	.0	0.	0.0	.0		
31	297.12	445.30	680.00	100.	8.4	46.0	38.0				0.040	.0004	MV	RT0.42	VR	OS	0.0	PIGN	50.FO	0.7	.12	140.FR	0.5	.24	0.	0.0	.0		
32	296.98	445.25	680.00	162.	9.8	31.0	21.0				0.020	.0001	BV	RT0.42	VR	OS	0.0	PIGN	50.FO	0.7	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
33	296.80	445.20	670.00	85.	5.0	35.0	30.0				0.600	.0075	FV	0.0	VR	OS	4.0	PIGN	50.FO	0.7	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
34	296.85	444.25	670.00	184.	2.5	26.0	24.0				F 0.020	.0001	FV	0.0	VR	OS	4.0	PIGN	50.FO	0.7	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
35	296.90	444.83	680.00	65.	17.0	36.0	19.0				0.720	.0150	FV	0.30	VR	OF	3.0	PIGN	160.FO	0.6	.0	50.FR	1.0	.10	0.	0.0	.0		
36	295.40	443.48	725.00	150.	22.0	59.0	37.0				0.050	.0004	AV	CX0.42	VR	OS	0.0	PIGN	125.FR	0.9	.30	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
37	296.30	443.55	685.00	90.	12.0	50.0	38.0				0.470	.0060	BV	CV0.40	VR	OF	0.5	PIGN	135.FR	0.4	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
39	295.45	448.18	630.00	144.	0.0	20.0	20.0				0.360	.0025	FV	0.0	VR	OS	2.0	PIGN	35.FO	2.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
47	299.42	443.87	700.00	128.	13.0	35.0	22.0				0.009	.0001	FV	0.0	VR	OS	0.3	PIGN	105.ME	0.9	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
48	299.70	443.70	705.00	100.	20.0	20.0	0.0				0.180	.0022	AV	CO0.30	VR	OS	0.0	PIGN	105.ME	0.9	.0	20.FR	0.3	.20	0.	0.0	.0		
49	299.60	443.80	700.00	176.	38.0	48.0	10.0				0.020	.0001	TO	ARO.0	OS		0.0	PIGN	105.ME	0.9	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
50	300.80	445.15	680.00	101.	9.0	24.0	15.0				0.030	.0003	FV	0.0	VR	OS	0.0	PIGN	107.FO	0.9	.30	135.FR	0.4	.0	0.	0.0	.0		
51	299.90	443.90	695.00	101.	0.0	24.0	24.0				0.800	.0079	FV	0.0	VR	OS	1.0	PIGN	45.FO	1.4	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
52	299.98	444.02	695.00	80.	4.0	15.0	11.0				0.800	.0105	FV	0.0	VR	OS	1.0	PIGN	45.FO	1.4	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
55	300.62	444.10	685.00	240.	8.5	30.0	22.0				F 0.010	.0000	FV	0.0	RA	OS	6.0	PIGN	75.FO	0.8	.0	0.FO	1.0	.0	0.	0.0	.0		
56	301.37	443.77	675.00	190.	1.9	30.0	28.0				F 0.080	.0004	FV	0.0	VR	OS	3.5	PIGN	5.FO	1.1	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
57	301.48	443.55	695.00	250.	50.0	89.0	39.0				0.020	.0001	BV	CX0.30	VR	OS	0.0	PIGN	5.FO	1.1	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
58	298.70	444.15	675.00	120.	5.0	38.0	33.0				0.060	.0005	FV	CX0.0	VR	OS	2.0	PIGN	165.FO	1.5	.0	110.FR	0.5	.24	45.FO	0.9	.20		
60	299.05	444.40	710.00	162.	7.7	38.0	30.0				0.050	.0003	BV	CX0.36	VR	OS	0.3	PIGN	165.FO	1.5	.12	110.FR	0.5	.10	45.FO	0.9	.50		
62	298.65	444.45	680.00	145.	24.0	35.0	11.0				0.080	.0007	BV	CX0.36	VR	OS	0.3	PIGN	165.FQ	1.5	.12	110.FR	0.5	.50	45.FO	0.9	.10		
63	299.42	444.50	700.00	101.	8.6	23.0	14.0				0.330	.0036	TO	ARO.0	OS		0.0	PIGN	10.ME	0.3	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
66	300.75	446.50	705.00	213.	15.6	58.0	42.0				0.007	.0000	TO	ARO.0	OF		0.0	PIGN	145.FO	0.9	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
67	301.10	446.35	710.00	84.	17.3	37.0	20.0				0.100	.0015	AV	CO0.40	VP	OS	0.0	PIGN	30.ME	0.4	.30	120.ME	0.9	.18	0.	0.0	.0		
68	301.10	446.55	720.00	54.	18.6	43.0	24.0				0.600	.0170	AV	CO0.40	VP	OS	0.0	PIGN	30.ME	0.4	.12	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
69	297.85	445.60	670.00	120.	4.4	22.0	18.0				0.200	.0017	FV	0.0	VR	OS	0.4	PIGN	37.FR	0.4	.0	0.FO	2.0	.12	0.	0.0	.0		
71	298.75	448.40	720.00	70.	12.0	60.0	48.0				0.430	.0074	FV	0.0	VR	OS	0.5	PIGN	55.FR	0.4	.0	105.FR	0.3	.0	0.	0.0	.0		
72	303.15	444.15	720.00	119.	10.0	30.0	20.0				0.060	.0005	AV	CO0.10	VP	OF	0.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
73	306.95	449.45	780.00	200.	8.1	30.0	22.0				0.100	.0005	BV	CO0.50	VP	OF	5.0	PIGN	130.FO	1.5	.0	75.FO	4.0	.0	35.FO	0.9	.20		
74	305.75	449.55	820.00	137.	36.0	36.0	0.0				0.090	.0009	AV	RT0.50	VR	OF	0.3	PIGN	130.FO	0.6	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
76	310.77	448.80	780.00	110.	18.0	68.0	50.0				0.050	.0005	MV	RT0.50	VR	OF	0.2	PIGN	75.FO	1.5	.15	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
82	309.70	444.85	800.00	100.	27.1	42.0	15.0				0.020	.0003	TO	CR0.0	OF		0.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
83	309.30	455.40	760.00	200.	4.0	4.0	0.0				0.280	.0014	FV	0.0	VR	OF	1.0	PIGN	15.FO	0.6	.0	65.FO	1.5	.0	0.	0.0	.0		
84	296.95	448.15	655.00	150.	2.3	2.0	0.0				1.130	.0076	FV	0.0	VR	OF	8.0	PIGN	175.FO	1.3	.0	95.FO	1.0	.0	130.FO	2.6	.0		
85	297.75	447.80	665.00	150.	5.0	5.0	0.0				0.020	.0001	BV	CO0.70	VP	AC	0.5	PIGN	130.FO	2.6	.30	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
86	297.22	447.70	660.00	170.	50.0	61.0	11.0				0.130	.0011	MV	CX0.60	VR	OS	0.3	PIGN	130.FO	2.6	.30	175.FO	1.3	.15	0.	0.0	.0		
87	297.12	451.25	720.00	183.	11.0	45.0	34.0				0.100	.0006	MV	CX0.90	VR	OF	0.5	PIGN	42.ME	1.8	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		
99	298.20	448.65	770.00	157.	20.0	28.0	8.0				0.016	.0001	TO	ARO.0	OF		0.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0		

(1) TO TOPO; AV ALTA VERTENTE; MV MEDIA VERTENTE; BV BAIXA VERTENTE; FV FUNDO DE VALE
 (2) CO CONCAVA; CX CONVEXA; RT RETILINEA; CR CRISTA; AR ARREDONDADO -- (3) COMPRIMENTO DA VERTENTE EM KM
 (4) RA RASO ABERTO; VR EM V RASO; VP EM V PROFUNDO -- (5) OS ONDULADO SUAVE; OF ONDULADO FORTE, PL PLANO; AC ACIDENTADO
 (6) EVIDENCIA DA FRATURA: FO FORTE; ME MEDIA; FR FRACA -- (7) COMPRIMENTO EM KM -- (8) DISTANCIA DO POCO A FRATURA (KM)

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DOS POCOS TUBULARES

NUM. POCO	COORDENADAS				COTA TERRENO (M)	PROF (M)	NE (M)	ALTERACAO:				Q/S M2/H	Q/S/P M2/H/M	SITUACAO TOPOGRAF.			VA LE	RE L.	COMP DREN (KM)	LITO LO-GIA	FRATURAS AZI- E MUTE		FOTO-INTERPRETADAS: DF		AZI- E COM		DF	AZI- E MUTE	COM	DF
	E (KM)	W (KM)	N (KM)	S (KM)				TOTAL (M)	SAT (M)	FIL TRO	1			2	3	4					5	6	7	8	6	7				
100	298.83	450.20	720.00	35.	0.4	34.0	34.0	F	0.160	.0046	FV	0.0	VP	OF	1.0	PIGN	170.FO	1.8	.0	40.ME	1.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
101	297.77	449.45	730.00	85.	5.0	25.0	20.0		1.200	.0150	FV	0.0	VR	OF	0.8	PIGN	5.FO	1.0	.0	40.FO	0.5	.0	135.FO	0.7	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
105	295.38	447.50	680.00	200.	32.0	50.0	18.0		0.040	.0002	TO	AR0.0	OS	0.0	PIGN	35.FO	2.0	.36	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0	
106	295.82	447.45	670.00	60.	24.0	54.0	30.0		0.093	.0026	TO	AR0.0	OS	0.0	PIGN	15.FO	1.5	.24	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0	
110	301.35	442.80	700.00	200.	8.2	41.0	33.0	F	0.007	.0000	BV	CX0.50	VR	OS	0.5	PIGN	20.FO	0.9	.10	135.FO	0.6	.24	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
112	304.00	441.20	725.00	136.	8.4	53.0	45.0		0.075	.0006	BV	CX0.70	VR	OF	0.5	PIGN	5.FO	1.0	.20	125.FR	0.6	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
113	303.51	441.38	720.00	153.	10.0	60.0	50.0		0.056	.0004	MV	CO0.60	VR	OF	0.3	PIGN	85.FR	0.6	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
114	305.62	441.10	720.00	180.	1.5	22.0	20.0		0.092	.0005	FV	0.0	VP	OF	1.0	PIGN	125.FO	1.2	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
115	305.15	441.37	720.00	65.	3.0	27.0	24.0		0.260	.0042	FV	0.0	VP	OF	2.0	PIGN	175.FO	0.6	.0	25.FO	0.9	.0	125.FO	1.2	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
116	309.63	443.45	760.00	160.	3.0	18.0	15.0		0.019	.0001	FV	0.0	VR	OF	0.5	PIGN	15.FO	0.5	.0	105.FO	0.4	.0	155.FO	0.6	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
117	309.30	442.20	750.00	160.	6.8	33.0	26.0		0.160	.0010	FV	0.0	VR	OF	2.0	PIGN	65.FO	2.7	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
118	304.26	438.95	720.00	105.	3.5	28.0	24.0		0.078	.0008	FV	0.0	VR	OF	0.0	PIGN	60.FR	0.3	.0	10.FR	0.3	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
119	304.30	438.80	720.00	120.	6.0	30.0	24.0	F	0.050	.0004	BV	CX0.30	VR	OF	0.0	PIGN	60.FR	0.3	.10	10.FR	0.3	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
120	304.68	439.20	720.00	200.	0.5	34.0	34.0		0.014	.0001	BV	CX0.20	VR	OF	1.2	PIGN	115.FO	0.8	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
123	310.82	438.85	720.00	210.	3.0	20.0	17.0		0.032	.0002	FV	0.0	RA	OS	15.0	PIGN	120.FO	1.5	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
124	309.60	438.17	725.00	180.	0.0	49.0	49.0		0.300	.0017	FV	0.0	VP	OF	2.0	PIGN	50.0	2.1	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
125	313.19	437.00	740.00	162.	0.0	24.0	24.0		0.074	.0005	FV	0.0	VR	OS	6.0	PIGN	9.FO	1.8	.0	135.FO	2.1	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
126	309.20	438.60	720.00	150.	2.0	29.0	27.0		0.220	.0015	FV	0.0	RA	OS	15.0	PIGN	25.FO	1.2	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
127	312.15	436.65	780.00	115.	6.8	30.0	23.0		0.200	.0018	FV	0.0	VR	OF	3.0	PIGN	0.FO	1.1	.0	138.FO	1.5	.0	60.FO	0.3	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
128	312.30	436.60	780.00	156.	3.8	36.0	33.0	F	0.073	.0005	MV	CO0.50	VR	OF	0.2	PIGN	0.FO	1.1	.15	138.FO	1.5	.25	60.FO	0.3	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
129	310.67	438.00	760.00	80.	20.0	50.0	30.0		0.088	.0015	MV	RT0.50	VR	OS	0.3	PIGN	155.FO	1.0	.30	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
131	311.34	436.60	750.00	204.	10.0	20.0	10.0		0.055	.0003	FV	0.0	VR	OS	2.0	PIGN	155.FO	0.7	.0	115.FO	0.6	.0	20.FO	0.6	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
132	309.50	437.45	760.00	230.	29.2	67.0	38.0		0.006	.0000	AV	RT0.50	VR	OS	0.3	PIGN	165.FO	2.1	.30	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
133	310.05	436.90	760.00	130.	25.0	55.0	30.0		0.066	.0006	MV	RT0.0	VR	OS	0.5	PIGN	115.FO	0.5	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
134	305.78	439.90	740.00	142.	26.0	52.0	26.0		0.027	.0002	TO	AR0.0	OF	0.0	PIGN	20.FR	0.3	.10	60.FR	0.4	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0	
135	304.67	440.05	750.00	150.	20.0	72.0	52.0	F	0.005	.0000	MV	CX0.40	VP	OF	0.2	PIGN	20.FR	0.7	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
137	298.48	435.32	720.00	62.	10.4	27.0	17.0		0.130	.0025	MV	CX0.60	VR	OS	0.1	PIGN	45.FO	3.0	.70	140.ME	1.3	.30	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
142	309.65	435.48	730.00	104.	6.0	6.0	0.0		0.200	.0020	MV	CO0.30	VR	OF	0.1	PIGN	58.FO	1.5	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
143	308.00	434.75	695.00	245.	18.0	95.0	77.0		0.570	.0025	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	55.FO	1.6	.15	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
144	307.76	434.84	705.00	274.	3.0	95.0	92.0		1.000	.0037	FV	0.0	VR	OF	20.0	PIGN	5.FO	2.0	.0	50.FO	1.5	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
145	308.05	436.14	720.00	107.	16.0	30.0	14.0		0.470	.0052	FV	0.0	VR	OF	0.5	PIGN	55.FR	0.6	.0	5.FR	1.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
146	308.15	436.23	720.00	120.	11.0	30.0	19.0		0.230	.0021	FV	0.0	VP	OF	0.3	PIGN	58.FO	1.5	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
148	296.60	434.85	760.00	200.	23.0	67.0	44.0		0.033	.0002	AV	CX0.10	RA	OS	0.0	PIGN	50.FO	1.1	.12	140.FO	1.2	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
150	309.20	433.40	710.00	217.	20.0	20.0	0.0		0.031	.0002	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIGN	120.FO	0.5	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
151	309.30	433.30	710.00	198.	5.0	26.0	21.0		0.190	.0010	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIGN	120.FO	0.5	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
152	308.35	434.18	695.00	168.	2.4	51.0	49.0	F	0.430	.0026	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	60.FR	1.2	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
153	308.36	433.90	695.00	150.	3.0	46.0	43.0	F	0.088	.0006	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
154	309.88	434.45	750.00	100.	3.0	46.0	43.0		0.038	.0004	AV	CO0.40	VR	OF	0.1	PIGN	143.FO	1.2	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
155	309.50	434.77	740.00	70.	0.7	45.0	44.0		0.510	.0074	FV	0.0	VR	OF	0.6	PIGN	143.FO	1.2	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
156	309.20	431.85	735.00	38.	0.6	33.0	32.0	F	0.280	.0075	FV	0.0	VP	OF	1.0	PIGN	0.FO	1.8	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
157	309.40	432.25	725.00	75.	1.0	33.0	32.0		0.120	.0016	BV	RT0.50	VR	OS	0.3	PIGN	0.FO	1.8	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
159	304.55	435.35	720.00	150.	4.0	37.0	33.0	F	0.093	.0006	BV	RT1.00	RA	OS	0.8	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.0	.0
160																														

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DOS POCOS TUBULARES

NUM. POCO	COORDENADAS			COTA TERRENO	PROF	NE	ALTERACAO:			Q/S	Q/S/P	SITUACAO			VA	RE	COMP	LITO	FRATURAS FOTO-INTERPRETADAS:								DF			
	E (KM)	W (KM)	N (KM)	(M)	(M)	(M)	TOTAL	SAT	FIL	TRO	M2/H	M2/H/M	1	2	3	4	5 (KM)	GIA	FRATURAS	COM	DF	COM	DF	COM	DF	COM	DF	DF		
																			MUTE	6	7	8	MUTE	6	7	8	MUTE	6	7	8
166	308.92	433.05	715.00	104.	2.0	2.0	0.0	0.056	.0005	FV	0.0	RA	OS	15.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
169	307.48	435.50	700.00	263.	0.0	24.0	24.0	0.053	.0002	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
171	307.25	435.45	710.00	90.	5.0	15.0	10.0	0.120	.0014	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
172	307.35	435.40	710.00	110.	4.0	14.0	10.0	0.160	.0015	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
173	307.35	435.60	705.00	90.	8.0	18.0	10.0	0.065	.0008	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
174	307.40	435.45	710.00	90.	6.0	16.0	10.0	0.070	.0008	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
175	307.58	435.70	695.00	85.	6.0	16.0	10.0	0.094	.0012	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
176	307.58	435.55	700.00	120.	6.0	25.0	19.0	0.036	.0003	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
177	307.70	435.70	695.00	119.	5.0	18.0	13.0	0.042	.0004	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
178	307.48	435.67	700.00	200.	8.0	8.0	0.0	0.049	.0003	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
179	307.78	433.80	700.00	182.	2.0	42.0	40.0	F 2.000	.0111	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	5.FO	3.0	.0	60.FO	1.2	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
180	307.99	434.00	695.00	250.	2.0	43.0	41.0	F 0.140	.0006	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	5.FO	3.0	.40	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
181	307.72	434.00	695.00	266.	5.0	28.0	23.0	0.040	.0002	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	5.FO	3.0	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
182	307.70	431.05	760.00	200.	11.0	49.0	38.0	0.073	.0004	TO ARO.0	0.0	OF	0.0	PIGN	15.ME	0.9	.30	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
183	307.76	431.17	760.00	201.	8.0	48.0	40.0	F 0.035	.0002	TO ARO.0	0.0	OF	0.0	PIGN	15.ME	0.9	.30	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
184	308.16	430.85	715.00	152.	3.0	18.0	15.0	0.044	.0003	FV	0.0	RA	5.0	PIGN	35.ME	2.0	.15	140.ME	1.8	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
185	308.20	430.85	715.00	200.	3.4	18.0	15.0	0.020	.0001	FV	0.0	RA	5.0	PIGN	140.ME	1.8	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
186	308.32	431.00	710.00	342.	2.0	30.0	28.0	0.090	.0003	FV	0.0	RA	5.0	PIGN	90.ME	0.9	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
187	307.74	433.65	700.00	30.	1.5	2.0	0.0	F 0.300	.0105	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	5.FO	3.0	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
188	307.65	433.40	700.00	100.	1.0	1.0	0.0	F 0.750	.0076	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	5.FO	3.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
189	307.78	433.45	700.00	150.	3.0	3.0	0.0	F 0.110	.0007	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	5.FO	3.0	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
190	308.05	433.70	695.00	150.	5.0	22.0	17.0	0.065	.0004	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
191	307.78	433.60	705.00	120.	5.0	35.0	30.0	0.060	.0005	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	5.FO	3.0	.10	60.FO	1.2	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
192	306.93	433.15	740.00	130.	18.0	35.0	17.0	0.010	.0001	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
194	306.35	432.35	760.00	172.	28.0	104.0	76.0	0.002	.0000	TO ARO.0	0.0	OF	0.0	PIGN	28.FO	0.9	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
195	307.57	431.05	740.00	250.	20.0	65.0	45.0	0.027	.0001	TO ARO.0	0.0	OF	0.0	PIGN	15.ME	0.9	.24	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
196	307.00	431.70	760.00	194.	28.0	105.0	77.0	0.056	.0003	TO ARO.0	0.0	OF	0.0	PIGN	48.FO	2.0	.25	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
197	310.48	433.76	740.00	193.	28.0	51.0	23.0	0.019	.0001	TO ARO.0	0.0	OF	0.0	PIGN	48.FO	2.0	.25	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
199	306.00	435.70	700.00	28.	2.0	28.0	26.0	F 0.050	.0019	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
200	304.85	436.20	710.00	102.	15.0	48.0	33.0	F 0.014	.0002	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	145.FR	1.5	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
201	303.56	435.96	695.00	134.	2.6	25.0	22.0	0.130	.0010	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	27.FO	1.2	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
203	306.10	435.80	698.00	86.	3.0	35.0	32.0	0.370	.0045	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
205	306.30	435.80	700.00	210.	1.0	27.0	26.0	0.048	.0002	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
207	304.63	435.37	720.00	169.	27.0	38.0	11.0	0.060	.0004	BV RT1.00	0.0	RA	OS	0.8	PIGN	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
208	303.82	436.45	700.00	215.	3.0	28.0	25.0	0.100	.0005	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	125.FR	1.2	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
211	304.28	436.25	700.00	156.	3.0	30.0	27.0	0.010	.0001	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	125.FR	1.2	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
212	304.65	436.30	700.00	105.	9.0	43.0	34.0	0.180	.0019	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	145.FR	1.5	.10	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
213	304.48	436.34	700.00	75.	7.0	40.0	33.0	0.370	.0054	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	125.FR	1.2	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
215	302.05	438.95	740.00	245.	6.0	34.0	28.0	0.430	.0018	FV	0.0	VR	OS	0.1	PIGN	146.FO	1.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
217	302.75	440.48	755.00	150.	43.0	51.0	8.0	0.010	.0001	TO ARO.0	0.0	OS	0.0	PIGN	150.FR	0.5	.20	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
222	296.75	434.65	765.00	136.	24.0	46.0	22.0	0.017	.0002	TO ARO.0	0.0	OS	0.0	PIGN	45.FO	1.4	.18	50.FO	1.1	.12	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
223	297.20	434.00	750.00	200.	14.0	44.0	30.0	0.290	.0016	BV CX0.48	0.0	VR	OS	0.1	PIGN	45.ME	1.4	.06	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
224	297.55	434.15	740.00	200.	5.0	25.0	20.0	F 0.039	.0002	FV	0.0	VR	OS	0.6	PIGN	45.ME	1.4	.06	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
226	299.24	434.05	740.00	100.	0.0	26.0	26.0	F 0.031	.0003	TO ARO.0	0.0	OS	0.0	PIGN	172.FR	0.7	.0	140.ME	1.3	.05	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	
228	299.72	435.55	720.00	245.	27.0	27.0	0.0	0.091	.0004	MV RT1.20	0.0	RA	PL	0.6	PIGN	45.FR	0.8	.40	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
231	304.43	432.33	725.00	50.	2.0	33.0	31.0	0.390	.0081	FV	0.0	RA	PL	2.0	PIGN	28.FO	1.5	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
232	304.65	433.00	740.00	89.	11.0	23.0	12.0	0.250	.0032	BV CX0.30	0.0	RA	OS	0.3	PIGN	28.FO	1.5	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0
233	304.33	433.25	725.00	120.	1.0	69.0	68.0	0.400	.0034	FV	0.0	RA	PL	2.0	PIGN	28.FO	1.5	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0	0.	0.0	.0

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DOS POCOS TUBULARES

NUM. POCO	COORDENADAS		COTA TERRENO (M)	PROF (M)	NE (M)	ALTERACAO:			Q/S M2/H	Q/S/P M2/H/M	SITUACAO			VA LE	RE L	COMP DREN (KM)	LITO LO- GIA	FRATURAS			FOTO-INTERPRETADAS:			DF	AZI- MUTE	E COM	DF	AZI- MUTE	E COM	DF		
	E W (KM)	N S (KM)				TOTAL	SAT	FIL			1	2	3					4	5	6	7	8	6								7	8
235	308.25	429.25	775.00	202.	20.0	67.0	47.0		0.064	.0004	MV	RT1.00	VR	OF	0.5	PIGN	40.FO	2.4	.50		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
236	310.45	429.14	770.00	100.	2.0	45.0	43.0		0.073	.0007	AV	RT0.70	RA	OS	0.3	PIXT	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
237	311.97	427.90	800.00	114.	20.0	37.0	17.0		0.260	.0028	BV	CO0.60	RA	OS	5.0	PIXT	165.FO	3.0	.0		45.FO	1.5	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
238	301.63	438.50	750.00	200.	16.0	40.0	24.0		0.035	.0002	TO	ARO.0		OS	0.0	PIGN	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
239	302.85	436.25	710.00	150.	13.0	56.0	43.0		F 0.120	.0009	TO	0.0		OS	0.0	PIGN	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
241	299.36	434.15	740.00	140.	18.0	52.0	34.0			0.029	.0002	TO	ARO.0		OS	0.0	PIGN	165.FO	1.0	.24		140.ME	1.3	.30		80.FR	0.7	.20				
242	299.28	435.34	730.00	250.	18.0	53.0	35.0		F 0.139	.0006	AV	CX0.90	VR	OS	0.1	PIGN	145.FR	0.6	.05		165.FO	1.0	.30		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
243	300.00	435.75	700.00	125.	1.5	20.0	19.0		F 0.418	.0034	BV	RT1.20	RA	PL	1.0	PIGN	45.FR	0.8	.40		0.FO	1.0	.10		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
244	302.15	435.70	755.00	150.	32.0	82.0	50.0		F 0.009	.0001	TO	0.0		OS	0.0	PIGN	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
245	342.25	435.86	745.00	174.	23.0	79.0	56.0		F 0.034	.0002	TO	0.0		OS	0.0	PIGN	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
246	302.20	435.48	765.00	200.	22.0	71.0	49.0		F 0.032	.0002	TO	0.0		OS	0.0	PIGN	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
247	302.27	437.07	700.00	183.	3.5	19.0	15.0			0.140	.0008	FV	0.0	RA	PL	20.0	PIGN	140.FR	0.7	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
248	314.93	431.70	760.00	80.	5.0	40.0	35.0		F 0.180	.0024	MV	CX0.25	VR	OS	0.1	PIXT	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
249	312.57	431.73	730.00	120.	10.0	10.0	0.0			0.063	.0006	FV	0.0	RA	OS	15.0	PIXT	125.FO	1.2	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
250	311.15	430.10	760.00	190.	15.0	54.0	39.0		F 0.019	.0001	MV	CX0.30	VR	OF	0.1	PIXT	70.FO	0.9	.15		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
251	314.05	431.55	760.00	81.	1.5	34.0	33.0			0.800	.0101	MV	CX0.25	VR	OS	0.1	PIXT	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
252	311.66	431.35	740.00	180.	0.0	18.0	18.0			0.053	.0003	FV	0.0	VR	OF	3.6	PIXT	160.FO	0.8	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
253	311.67	430.00	750.00	150.	2.5	23.0	20.0			0.470	.0032	FV	0.0	VR	OF	3.0	PIXT	160.FO	0.8	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
254	311.38	431.66	760.00	156.	4.0	25.0	21.0			0.001	.0000	FV	0.0	VR	OS	15.0	PIXT	40.FO	1.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
255	312.80	431.35	735.00	150.	1.6	12.0	10.0			0.440	.0030	FV	0.0	VR	OF	5.0	PIXT	135.FO	1.8	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
256	311.56	432.20	720.00	120.	1.0	27.0	26.0			1.200	.0101	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIXT	45.FR	0.7	.21		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
257	311.32	432.10	740.00	176.	35.4	45.0	10.0			0.057	.0004	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIXT	45.FR	0.7	.30		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
258	312.20	432.20	720.00	80.	5.0	36.0	31.0			0.071	.0010	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIXT	140.FO	1.2	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
259	311.94	432.15	715.00	150.	2.0	17.0	15.0			0.100	.0007	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIXT	140.FO	1.2	.24		45.FR	0.7	.15		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
260	311.15	430.95	780.00	130.	22.0	40.0	18.0		F 0.008	.0001	TO	ARO.0		VR	OF	0.0	PIXT	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
261	311.53	429.73	780.00	65.	0.0	53.0	53.0		F 0.440	.0068	TO	CR0.0		OF	0.0	PIXT	65.FO	0.7	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
262	311.05	430.85	790.00	260.	40.0	88.0	48.0			0.006	.0000	TO	ARO.0		OF	0.0	PIXT	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
263	311.34	431.00	780.00	100.	20.0	26.0	6.0			0.037	.0005	MV	CX0.24	VR	OF	0.1	PIXT	70.FO	0.5	.12		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
264	314.85	431.85	750.00	180.	11.5	58.0	46.0		F 0.085	.0005	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIGN	35.FO	2.4	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
266	314.75	431.91	730.00	153.	1.7	50.0	48.0			0.220	.0015	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIXT	35.FO	2.4	.20		160.FO	2.1	.50		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
267	314.95	432.00	740.00	150.	5.0	50.0	45.0			0.830	.0057	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIGN	35.FO	2.4	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
268	315.10	432.07	730.00	148.	9.0	43.0	34.0			0.038	.0003	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIGN	35.FO	2.4	.0		160.FO	2.1	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
269	314.67	432.10	730.00	239.	6.0	44.0	38.0			0.050	.0002	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIGN	35.FO	2.4	.35		160.FO	2.1	.40		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
270	314.80	432.05	730.00	150.	6.0	24.0	18.0			0.490	.0034	FV	0.0	RA	PL	15.0	PIGN	35.FO	2.4	.15		160.FO	2.1	.20		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
271	314.28	432.30	760.00	80.	31.0	42.0	11.0			0.057	.0012	TO	ARO.0	RA	PL	0.0	PIGN	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
272	314.45	432.20	760.00	126.	13.0	49.0	36.0			0.041	.0004	TO	ARO.0	RA	PL	0.0	PIGN	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
273	314.38	432.50	745.00	140.	13.0	56.0	43.0			0.030	.0002	TO	ARO.0	RA	PL	0.0	PIGN	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
274	314.15	432.58	750.00	146.	15.0	61.0	46.0		F 0.100	.0008	TO	ARO.0	RA	PL	0.0	PIGN	0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
275	313.33	431.83	740.00	123.	31.0	41.0	10.0			0.019	.0002	FV	0.0	VR	OF	0.5	PIGN	130.FO	1.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
276	313.03	431.76	740.00	127.	27.0	50.0	23.0			0.012	.0001	FV	0.0	VR	OF	6.5	PIXT	162.FO	1.1	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
277	315.64	437.25	760.00	115.	11.0	18.0	7.0			0.028	.0003	FV	0.0	VR	OF	2.0	PIGN	30.FO	0.9	.0		40.FO	0.6	.10		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
278	315.55	437.45	760.00	203.	13.0	27.0	14.0		F 0.010	.0001	FV	0.0	VR	OF	2.0	PIGN	30.FO	0.9	.30		40.FO	0.6	.30		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0	
280	316.72	436.72	780.00	180.	1.5	36.0	35.0			0.047	.0003	FV	0.0	VR	OF	0.5	PIGN	52.FO	1.4	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
283	317.76	431.50	760.00	150.	6.0	38.0	32.0			0.054	.0004	FV	0.0	VR	OF	5.0	PIXT	30.FO	1.5	.0		135.FO	1.2	.0		0.	0.0	.0		0.	0.0	.0
284	312.95	430.66																														

(1) TO TOPO; AV ALTA VERTENTE; MV MEDIA VERTENTE; BV BAIXA VERTENTE; FV FUNDO DE VALE
 (2) CO CONCAVA; CX CONVEXA; RT RETILINEA; CR CRISTA; AR ARREDONDADO -- (3) COMPRIMENTO DA VERTENTE EM KM
 (4) RA RASO ABERTO; VR EM V RASO; VP EM V PROFUNDO -- (5) OS ONDULADO SUAVE; OF ONDULADO FORTE; PL PLANO; AC ACIDENTADO
 (6) EVIDENCIA DA FRATURA: FO FORTE; ME MEDIA; FR FRACA -- (7) COMPRIMENTO EM KM -- (8) DISTANCIA DO P

ANEXO 2

LISTAGEM DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
ANÁLISES COMPLETAS

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

ESTUDOS HIDROQUIMICOS NA REGIAO DE JUNDIAI

ANALISE QUIMICA DAS AGUAS SUBTERRANEAS

- ANALISES COMPLETAS

PAG. 1

NUMERO DA AMOSTRA	NUMERO DO PONTO	NAT	DIA COLETA	FOR.	NA			K			CA			MG			K	NA	MG
					MG/L	MEQ/L	O/O	MG/L	MEQ/L	O/O	MG/L	MEQ/L	O/O	MG/L	MEQ/L	O/O	NA	CA	CA
1813/1	302-36	T	8/ 2/73		3.85	0.17	19.3	0.94	0.02	2.8	7.20	0.36	41.4	3.86	0.32	36.6	0.14	0.47	0.68
2324	302-73	T	27/ 9/76		7.47	0.32	33.0	0.84	0.02	2.2	8.80	0.44	44.6	2.42	0.20	20.2	0.07	0.74	0.45
2696/1	302-104	T	16/11/78		10.80	0.47	30.0	2.20	0.06	3.6	19.20	0.96	61.2	1.00	0.08	5.3	0.12	0.49	0.09
J21442	302-183	T	18/ 3/75		6.60	0.29	23.6	2.25	0.06	4.7	10.40	0.52	42.6	4.30	0.35	29.1	0.20	0.55	0.68
J25552	302-185	T	12/ 8/77		71.00	3.09	80.8	0.60	0.02	0.4	13.60	0.68	17.7	0.50	0.04	1.1	0.00	4.55	0.06
8471/2	302-218	T	13/ 9/74		7.30	0.32	21.7	2.70	0.07	4.7	15.20	0.76	51.8	3.89	0.32	21.8	0.22	0.42	0.42
1496	302-243	T	28/ 3/69	RG	10.73	0.47	21.7	3.55	0.09	4.2	22.40	1.12	52.0	5.76	0.47	22.0	0.19	0.42	0.42
2179/1	302-260	T	20/ 8/75	RG	7.66	0.33	19.3	2.78	0.07	4.1	16.80	0.84	48.7	5.83	0.48	27.3	0.21	0.40	0.57
2580/1	302-257	T	22/ 8/77	RG	10.80	0.47	26.9	4.60	0.12	6.7	20.80	1.04	59.4	1.50	0.12	7.1	0.25	0.45	0.12
2707/3	302-253	T	19/ 2/79	RG	9.20	0.40	27.3	1.40	0.04	2.4	19.20	0.96	65.3	0.90	0.07	5.0	0.09	0.42	0.08
51100	302-163	T	27/ 8/80		13.60	0.59	23.4	2.90	0.07	2.9	21.70	1.08	42.8	9.50	0.78	30.9	0.13	0.55	0.72
51098	302-101	T	27/ 8/80		7.10	0.31	27.9	2.60	0.07	6.0	8.10	0.40	36.5	4.00	0.33	29.7	0.22	0.76	0.81
51099	302-51	T	27/ 8/80		5.70	0.25	40.9	1.60	0.04	6.7	3.40	0.17	28.0	1.80	0.15	24.4	0.17	1.46	0.67
51101	302-17	T	27/ 8/80		5.70	0.25	37.7	2.10	0.05	8.2	5.00	0.25	37.9	1.30	0.11	16.2	0.22	0.99	0.43
	302-2	T	19/ 1/77		17.29	0.75	26.2	10.90	0.28	9.7	24.80	1.24	43.2	7.26	0.60	20.8	0.37	0.61	0.48
1	302-3	T	25/ 8/76		31.45	1.37	37.8	10.27	0.26	7.3	26.40	1.32	36.4	8.21	0.68	18.6	0.19	1.04	0.51
2	302-3	T	30/11/76		23.59	1.03	28.9	9.69	0.25	7.0	31.20	1.56	43.9	8.71	0.72	20.2	0.24	0.66	0.46
3	302-3	T	29/12/76		25.56	1.11	33.7	7.65	0.20	5.9	30.40	1.52	46.0	5.79	0.48	14.4	0.18	0.73	0.31
4	302-3	T	31/12/76		22.02	0.96	30.7	12.63	0.32	10.4	33.60	1.68	53.8	1.93	0.16	5.1	0.34	0.57	0.09
5	302-3	T	14/ 3/77		19.27	0.84	31.3	6.50	0.17	6.2	20.80	1.04	38.8	7.73	0.64	23.7	0.20	0.81	0.61
6	302-3	T	19/ 4/77		15.73	0.68	27.7	7.34	0.19	7.6	19.20	0.96	38.9	7.73	0.64	25.8	0.27	0.71	0.66
2679-1	302-270	T	31/ 7/78	RG	17.80	0.77	29.3	2.80	0.07	2.7	35.20	1.76	66.5	0.49	0.04	1.5	0.09	0.44	0.02

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

ESTUDOS HIDROQUIMICOS NA REGIAO DE JUNDIAI

ANALISE QUIMICA DAS AGUAS SUBTERRANEAS - ANALISES COMPLETAS

PAG. 1

NUMERO DA AMOSTRA	NUMERO DO PONTO	NAT COLETA	DIA	FOR.	HCO3			CO3			SO4			CL			SO4	CL
					MG/L	MEQ/L	O/O	MG/L	MEQ/L	O/O	MG/L	MEQ/L	O/O	MG/L	MEQ/L	O/O	CL	HC03
1813/1	302-36	T	8/ 2/73		61.00	1.00	91.0	0.0	0.0	0.0	0.70	0.01	1.3	3.00	0.08	7.7	0.17	0.08
2324	302-73	T	27/ 9/76		41.48	0.68	88.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.00	0.08	11.1	*****	0.12
2696/1	302-104	T	16/11/78		63.44	1.04	86.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.00	0.17	14.0	*****	0.16
J21442	302-183	T	18/ 3/75		63.40	1.04	92.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.00	0.08	7.5	*****	0.08
J25552	302-185	T	12/ 8/77		122.00	2.00	49.2	36.00	1.20	29.5	14.40	0.30	7.4	20.00	0.56	13.9	0.53	0.28
8471/2	302-218	T	13/ 9/74		73.20	1.20	70.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.00	0.51	29.7	*****	0.42
1496	302-248	T	28/ 3/69	RG	124.44	2.04	90.4	0.0	0.0	0.0	4.93	0.10	4.6	4.00	0.11	5.0	0.91	0.06
2179/1	302-260	T	20/ 8/75	RG	68.32	1.12	97.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.03	2.5	*****	0.03
2580/1	302-257	T	22/ 8/77	RG	82.96	1.36	94.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.00	0.08	5.9	*****	0.06
2707/3	302-253	T	19/ 2/79	RG	78.08	1.28	88.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.00	0.17	11.7	*****	0.13
51100	302-163	T	27/ 8/80		90.00	1.48	72.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.00	0.56	27.7	*****	0.38
51098	302-101	T	27/ 8/80		33.00	0.54	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	*****
51099	302-51	T	27/ 8/80		35.00	0.57	98.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.40	0.01	1.9	*****	0.02
51101	302-17	T	27/ 8/80		34.00	0.56	93.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.30	0.04	6.2	*****	0.07
	302-2	T	19/ 1/77		63.44	1.04	64.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.00	0.56	35.2	*****	0.54
1	302-3	T	25/ 8/76		48.80	0.80	47.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.50	0.89	52.6	*****	1.11
2	302-3	T	30/11/76		75.64	1.24	60.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.00	0.82	39.7	*****	0.66
3	302-3	T	29/12/76		41.48	0.68	42.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.00	0.93	57.8	*****	1.37
4	302-3	T	31/12/76		39.04	0.64	43.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.00	0.85	56.9	*****	1.32
5	302-3	T	14/ 3/77		58.56	0.96	64.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.00	0.54	35.8	*****	0.56
6	302-3	T	19/ 4/77		53.68	0.88	59.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.50	0.61	40.8	*****	0.69
2679-1	302-270	T	31/ 7/78	RG	102.48	1.68	93.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.00	0.11	6.3	*****	0.07

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

ANALISE QUIMICA DAS AGUAS SUBTERRANEAS - ANALISES COMPLETAS

ESTUDOS HIDROQUIMICOS NA REGIAO DE JUNDIAI

PAG. 1

NUMERO DA AMOSTRA	NUMERO DO PONTO	NAT	DIA COLETA	FOR.	FERRO	MANG.	FLUOR	NO3	NO2	S. D.	CO2	KR	INDICE DE RIZNARD CALCUL.	CARATER	NA	NA
					MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L				MG	CA+MG
1813/1	302-36	T	8/ 2/73		0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	80.85	76.99	0.71	11.6	FRANCAM. CORROSIVA	0.53	0.25
2324	302-73	T	27/ 9/76		0.20	0.0	0.0	0.40	0.0	64.61	26.24	0.59	11.4	FRANCAM. CORROSIVA	1.63	0.51
2696/1	302-104	T	16/11/78		0.06	0.0	0.30	0.0	0.0	103.00	25.32	1.01	10.2	FRANCAM. CORROSIVA	5.71	0.45
J21442	302-183	T	18/ 3/75		0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	90.15	25.31	0.83	10.8	FRANCAM. CORROSIVA	0.81	0.33
J25552	302-185	T	12/ 8/77		0.10	0.0	4.00	0.0	0.0	282.20	*****	1.40	8.1	MUITO CORROSIVA	75.11	4.29
8471/2	302-218	T	13/ 9/74		0.50	0.0	0.0	2.40	0.03	123.22	23.21	1.03	10.3	FRANCAM. CORROSIVA	0.99	0.29
1496	302-248	T	28/ 3/69	RG	0.20	0.0	0.0	0.40	0.0	176.41	15.71	1.67	9.2	FRANCAM. CORROSIVA	0.99	0.29
2179/1	302-260	T	20/ 8/75	RG	0.80	0.0	0.0	0.88	0.0	104.07	27.27	1.02	10.3	FRANCAM. CORROSIVA	0.69	0.25
2580/1	302-257	T	22/ 8/77	RG	0.20	0.0	0.20	0.0	0.0	124.06	26.30	1.24	9.9	FRANCAM. CORROSIVA	3.81	0.40
2707/3	302-253	T	19/ 2/79	RG	0.07	0.0	0.30	0.44	0.0	115.59	31.16	1.16	10.1	FRANCAM. CORROSIVA	5.41	0.39
51100	302-163	T	27/ 8/80		0.01	0.0	0.0	25.67	0.0	183.38	35.92	1.33	10.0	FRANCAM. CORROSIVA	0.76	0.32
51098	302-101	T	27/ 8/80		0.02	0.0	0.16	29.21	0.0	84.19	20.88	0.49	11.7	FRANCAM. CORROSIVA	0.94	0.42
51099	302-51	T	27/ 8/80		0.01	0.0	0.0	0.18	0.0	48.09	35.09	0.38	12.6	FRANCAM. CORROSIVA	1.67	0.78
51101	302-17	T	27/ 8/80		0.02	0.0	0.0	4.24	0.0	53.66	21.51	0.43	12.1	FRANCAM. CORROSIVA	2.32	0.70
	302-2	T	19/ 1/77		0.20	0.0	0.20	18.15	0.0	162.24	20.11	1.10	10.0	FRANCAM. CORROSIVA	1.26	0.41
1	302-3	T	25/ 8/76		0.10	0.0	0.0	50.90	0.03	207.66	19.48	0.95	10.4	FRANCAM. CORROSIVA	2.03	0.69
2	302-3	T	30/11/76		0.20	0.0	0.0	39.83	1.30	219.16	23.98	1.34	9.8	FRANCAM. CORROSIVA	1.43	0.45
3	302-3	T	29/12/76		0.20	0.0	0.0	65.50	0.06	209.64	16.56	0.89	10.4	FRANCAM. CORROSIVA	2.34	0.56
4	302-3	T	31/12/76		0.10	0.0	0.0	50.90	0.06	190.28	24.70	0.88	10.6	FRANCAM. CORROSIVA	6.03	0.52
5	302-3	T	14/ 3/77		0.10	0.0	0.10	30.10	0.0	162.16	18.57	0.99	10.3	FRANCAM. CORROSIVA	1.32	0.50
6	302-3	T	19/ 4/77		0.10	0.0	0.10	28.80	0.0	154.18	21.43	0.91	10.5	FRANCAM. CORROSIVA	1.08	0.43
2679-1	302-270	T	31/ 7/78	RG	0.10	0.0	0.0	0.44	0.0	163.31	32.49	1.71	9.3	FRANCAM. CORROSIVA	19.21	0.43

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

ESTUDOS HIDROQUIMICOS NA REGIAO DE JUNDIAI

ANALISE QUIMICA DAS AGUAS SUBTERRANEAS - ANALISES COMPLETAS

PAG. 1

NUMERO DA AMOSTRA	NUMERO DO PONTO	NAT	DIA DA COLETA	FOR.	PHC	PHL	C.E.C. MMHOS / CM	C.E.L. MMHOS / CM	DUREZA TOTAL	ALCAL. TOTAL	RESIDUO SECO	RESIDUO FIXO	SAR	SOMA CAT. MEQ/L	SOMA ANIO. MEQ/L	SOMA TOTAL	ITBP (+)	ITBN (-)
1813/1	302-36	T	8/ 2/73		****	6.10*****	*****		34.00	50.00	92.00	71.00	0.29	0.87	1.10	1.97	-1.26	-0.11
2324	302-73	T	27/ 9/76		****	6.40*****	*****		32.00	34.00	62.00	42.00	0.58	0.98	0.76	1.75	-3.09	-0.38
2696/1	302-104	T	16/11/78		****	6.60*****	104.10		54.00	52.00	113.00	81.00	0.65	1.57	1.21	2.78	-2.11	-0.34
J21442	302-183	T	18/ 3/75		****	6.60*****	*****		44.00	52.00	104.00	81.00	0.43	1.22	1.12	2.34	-3.07	-0.25
J25552	302-185	T	12/ 8/77		****	8.80*****	394.80		36.00	100.00	376.00	281.00	5.15	3.82	4.06	7.89	-4.50	-1.10
8471/2	302-218	T	13/ 9/74		****	6.70*****	*****		54.00	60.00	123.00	91.00	0.43	1.47	1.71	3.17	0.24	0.10
1496	302-248	T	28/ 3/69	RG	****	7.10*****	*****		80.00	102.00	192.00	165.00	0.52	2.15	2.26	4.40	-3.94	-0.21
2179/1	302-260	T	20/ 8/75	RG	****	6.60*****	*****		66.00	56.00	118.00	85.00	0.41	1.72	1.15	2.87	*****	-0.33
2580/1	302-257	T	22/ 8/77	RG	****	6.70*****	122.30		56.00	68.00	117.00	92.00	0.62	1.75	1.44	3.19	-5.94	-0.37
2707/3	302-253	T	19/ 2/79	RG	****	6.60*****	126.20		52.00	64.00	119.00	86.00	0.56	1.47	1.45	2.92	-1.58	-0.21
51100	302-163	T	27/ 8/80		6.40	6.60	280.00	276.00	93.20	74.00	195.00	*****	0.61	2.53	2.04	4.57	-0.18	-0.05
51098	302-101	T	27/ 8/80		6.40	6.40	125.00	134.00	36.70	27.00	121.00	*****	0.51	1.11	0.54	1.65	*****	-0.37
51099	302-51	T	27/ 8/80		6.40	6.20	62.00	62.00	15.90	29.00	80.00	*****	0.62	0.61	0.58	1.19	*****	-0.48
51101	302-17	T	27/ 8/80		6.40	6.40	68.00	71.00	17.80	28.00	85.00	*****	0.59	0.66	0.59	1.25	-7.23	-0.42
	302-2	T	19/ 1/77/		****	6.70*****	266.00		92.00	52.00	224.00	181.00	0.79	2.87	1.60	4.47	-0.83	-0.35
1	302-3	T	25/ 8/76		****	6.60*****	*****		100.00	40.00	220.00	236.00	1.37	3.62	1.69	5.31	-0.84	-0.46
2	302-3	T	30/11/76		****	6.70*****	*****		114.00	62.00	340.00	368.00	0.96	3.55	2.06	5.60	-0.56	-0.24
3	302-3	T	29/12/76		****	6.60*****	*****		100.00	34.00	268.00	197.00	1.11	3.30	1.61	4.91	-0.41	-0.22
4	302-3	T	31/12/76		****	6.40*****	*****		92.00	32.00	216.00	147.00	1.00	3.12	1.49	4.60	-0.51	-0.30
5	302-3	T	14/ 3/77/		****	6.70*****	250.00		84.00	48.00	240.00	186.00	0.92	2.68	1.50	4.17	-0.87	-0.32
6	302-3	T	19/ 4/77		****	6.60*****	205.00		80.00	44.00	195.00	141.00	0.77	2.47	1.49	3.95	-0.44	-0.20
2679-1	302-270	T	31/ 7/78	RG	****	6.70*****	144.50		90.00	84.00	152.00	114.00	0.82	2.64	1.79	4.44	-6.50	-0.43

ANEXO 3

LISTAGEM DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
ANÁLISES PARCIAIS

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

ESTUDOS HIDROQUIMICOS NA REGIAO DE JUNDIAI

ANALISE QUIMICA DAS AGUAS SUBTERRANEAS - ANALISES PARCIAIS

PAG. 1

NUMERO DA AMOSTRA	NUMERO DO PONTO	NAT DO	DIA DO COLETA	FOR.	NA MG/L	MEQ/L 0/0	K MG/L	MEQ/L 0/0	CA MG/L	MEQ/L 0/0	MG MG/L	MEQ/L 0/0	K NA	NA CA	MG CA
2307/1	302-39	T	19/ 7/76		0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	1.20 75.1	4.84	0.40 24.9	*****	*****	0.33
2432/1	302-105	T	7/ 4/76		0.0	0.0	0.0	0.0	16.00	0.80 55.6	7.75	0.64 44.4	*****	*****	0.80
2676/1	302-120	T	23/ 6/78		0.0	0.0	0.0	0.0	42.00	2.10 94.4	1.50	0.12 5.6	*****	*****	0.06
2003/1	302-135	T	20/ 6/74		0.0	0.0	0.0	0.0	12.00	0.60 68.4	3.37	0.28 31.6	*****	*****	0.46
2004/1	302-240	T	28/ 6/74	RG	0.0	0.0	0.0	0.0	6.42	0.32 61.7	2.42	0.20 58.3	*****	*****	0.62
2707/2	302-252	T	14/ 2/79	RG	0.0	0.0	0.0	0.0	24.00	1.20 91.2	1.40	0.12 8.8	*****	*****	0.10
2552-1	302-271	T	6/ 6/77	RG	0.0	0.0	0.0	0.0	17.60	0.88 84.7	1.93	0.16 15.3	*****	*****	0.18
1961/1	302-267	T	9/10/73	RG	0.0	0.0	0.0	0.0	4.80	0.24 43.0	3.86	0.32 57.0	*****	*****	1.33
2081	302-268	T	23/ 1/75	RG	0.0	0.0	0.0	0.0	19.20	0.96 80.0	2.91	0.24 20.0	*****	*****	0.25
	302-253	T	22/ 2/79		0.0	0.0	0.0	0.0	35.20	1.76 97.7	0.50	0.04 2.3	*****	*****	0.02
62/78	302-86	T	27/ 9/78		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
1035/1	302-118	T	22/10/62		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
ER-358	302-143	T	19/ 8/71		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
72/76	302-144	T	6/ 1/76		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
830/74	302-145	T	14/ 3/74		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
TE02-1	302-153	T	**/**/**		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
TE02-2	302-153	T	**/**/**		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
3340	302-160	T	**/**/**		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
1180/1	302-163	T	26/ 1/65		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
1159/1	302-164	T	31/ 8/64		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
108	302-169	T	18/ 1/62		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
16659	302-169	T	23/ 3/80		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
16662	302-171	T	23/ 3/80		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
16661	302-172	T	28/ 3/80		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
16682	302-173	T	28/ 3/80		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
16660	302-174	T	28/ 3/80		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
16679	302-175	T	28/ 3/80		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
16680	302-176	T	28/ 3/80		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
16681	302-177	T	28/ 3/80		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
J10521	302-179	T	8/ 1/63		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
J10522	302-180	T	1/ 4/63		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
483/55	302-188	T	12/ 4/55		0.0	0.0	0.0	0.0	8.90	0.44 90.0	0.60	0.05 10.0	*****	*****	0.11
1135/1	302-190	T	4/ 5/64		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
8471/1	302-218	T	18/ 1/78		0.0	0.0	0.0	0.0	22.40	1.12 84.5	2.50	0.21 15.5	*****	*****	0.18
UP3	302-215	T	6/ 1/76		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
	302-25	T	**/**/**		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****
	302-26	T	**/**/**		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 0.0	0.0	0.0 0.0	*****	*****	*****

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

ESTUDOS HIDROQUIMICOS NA REGIAO DE JUNDIAI

ANALISE QUIMICA DAS AGUAS SUBTERRANEAS - ANALISES PARCIAIS

PAG. 1

NUMERO DA AMOSTRA	NUMERO DO PONTO	NAT	DIA COLETA	FOR.	HCO3			CO3			SO4			CL			SO4			CL		
					MG/L	MEQ/L	O/O	MG/L	MEQ/L	O/O	MG/L	MEQ/L	O/O	MG/L	MEQ/L	O/O	CL	CL	CL	CL	HCO3	HCO3
2307/1	302-39	T	19/ 7/76		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2432/1	302-105	T	7/ 4/76		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2676/1	302-120	T	23/ 6/78		78.08	1.28	95.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.00	0.06	4.2	0.00	0.04	0.00
2003/1	302-135	T	20/ 6/74		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2004/1	302-240	T	28/ 6/74	RG	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2707/2	302-252	T	14/ 2/79	RG	139.08	2.28	95.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.00	0.11	4.7	0.00	0.05	0.00
2552-1	302-271	T	6/ 6/77	RG	48.80	0.80	87.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.00	0.11	12.4	0.00	0.14	0.00
1961/1	302-267	T	9/10/73	RG	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2081	302-268	T	23/ 1/75	RG	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	302-253	T	22/ 2/79		95.20	1.56	93.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.00	0.11	6.7	0.00	0.07	0.00
62/78	302- 88	T	27/ 9/78		48.80	0.80	96.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.03	0.03	3.5	0.00	0.04	0.00
1035/1	302-118	T	22/10/62		36.60	0.60	91.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.00	0.06	8.6	0.00	0.09	0.00
ER-358	302-143	T	19/ 8/71		100.00	1.64	85.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.00	0.28	14.7	0.00	0.17	0.00
72/76	302-144	T	6/ 1/76		134.20	2.20	82.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.00	0.48	17.9	0.00	0.22	0.00
830/74	302-145	T	14/ 3/74		36.60	0.60	81.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.00	0.14	19.0	0.00	0.24	0.00
TE02-1	302-153	T	**/**/**		102.48	1.68	97.7	1.20	0.04	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TE02-2	302-153	T	**/**/**		107.36	1.76	97.8	1.20	0.04	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3340	302-160	T	**/**/**		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.42	0.04	100.0	0.00	1.14	0.00
1180/1	302-163	T	26/ 1/65		53.68	0.88	46.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.50	1.00	53.2	0.00	0.04	0.00
1159/1	302-164	T	31/ 8/64		61.00	1.00	95.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	0.04	4.1	0.00	0.04	0.00
108	302-169	T	18/ 1/62		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.77	0.05	100.0	0.00	0.00	0.00
16659	302-169	T	23/ 3/80		104.90	1.72	70.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.00	0.73	29.9	0.00	0.43	0.00
16662	302-171	T	23/ 3/80		65.90	1.08	70.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.00	0.45	29.5	0.00	0.42	0.00
16661	302-172	T	28/ 3/80		73.20	1.20	61.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.00	0.76	38.8	0.00	0.63	0.00
16682	302-173	T	28/ 3/80		141.50	2.32	76.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.00	0.73	24.0	0.00	0.32	0.00
16660	302-174	T	28/ 3/80		95.20	1.56	73.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.00	0.56	26.5	0.00	0.36	0.00
16679	302-175	T	28/ 3/80		87.80	1.44	77.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.00	0.42	22.7	0.00	0.29	0.00
16680	302-176	T	28/ 3/80		117.10	1.92	78.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.00	0.54	21.8	0.00	0.28	0.00
16681	302-177	T	28/ 3/80		97.60	1.60	73.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.00	0.56	26.1	0.00	0.35	0.00
J10521	302-179	T	8/ 1/63		73.20	1.20	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.50	0.24	16.7	0.00	0.20	0.00
J10522	302-180	T	1/ 4/63		102.50	1.68	92.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.00	0.14	7.7	0.00	0.08	0.00
483/55	302-188	T	12/ 4/55		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.00	7.8	2.10	0.06	92.2	0.08	19.0	0.00	0.24	0.00	0.00
1135/1	302-190	T	4/ 5/64		21.96	0.36	81.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.00	0.11	9.2	0.00	0.10	0.00
8471/1	302-218	T	18/ 1/78		68.30	1.12	90.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.20	0.03	2.7	0.00	0.03	0.00
UP3	302-215	T	6/ 1/76		75.60	1.24	97.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.80	0.14	9.8	0.00	0.11	0.00
	302- 25	T	**/**/**		75.60	1.24	90.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.80	0.08	7.3	0.00	0.08	0.00
	302- 26	T	**/**/**		61.00	1.00	92.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

ESTUDOS HIDROQUIMICOS NA REGIAO DE JUNDIAI

ANALISE QUIMICA DAS AGUAS SUBTERRANEAS - ANALISES PARCIAIS

PAG. 1

NUMERO DA AMOSTRA	NUMERO DO PONTO	NAT DO COLETA	DIA	FOR.	FERRO	MANG.	FLUOR	NO3	NO2	S. D.	CO2	KR	INDICE DE RIZNARD CALCUL.	CARATER	NA MG	NA CA+MG
					MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L					
2307/1	302-39	T	19/ 7/76		0.10	0.0	0.0	0.88	0.0	*****	*****	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	0.0
2432/1	302-105	T	7/ 4/76		0.20	0.0	0.0	1.33	0.0	*****	*****	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	0.0
2676/1	302-120	T	23/ 6/78		0.08	0.0	0.10	0.88	0.0	124.64	31.16	1.51	9.4	FRANCA. CORROSIVA	*****	0.0
2003/1	302-135	T	20/ 6/74		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	*****	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	0.0
2004/1	302-240	T	28/ 6/74	RG	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	*****	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	0.0
2707/2	302-252	T	14/ 2/79	RG	0.08	0.0	1.00	0.0	0.0	169.56	44.09	1.84	9.4	FRANCA. CORROSIVA	*****	0.0
2552-1	302-271	T	6/ 6/77	RG	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	72.53	24.52	0.83	10.6	FRANCA. CORROSIVA	*****	0.0
1961/1	302-267	T	9/10/73	RG	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	*****	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	0.0
2081	302-268	T	23/ 1/75	RG	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	*****	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	0.0
	302-253	T	22/ 2/79		0.08	0.0	0.40	1.30	0.0	136.68	38.00	1.62	9.4	FRANCA. CORROSIVA	*****	0.0
62/78	302-88	T	27/ 9/78		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	4.36	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
1035/1	302-118	T	22/10/62		0.10	0.0	0.0	7.97	0.0	*****	18.39	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
BR-358	302-143	T	19/ 8/71		0.0	0.0	0.0	1.77	0.0	*****	25.18	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
72/76	302-144	T	6/ 1/76		0.0	0.0	0.0	7.52	0.0	*****	13.45	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
830/74	302-145	T	14/ 3/74		0.10	0.0	0.0	2.20	0.0	*****	3.67	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
TE02-1	302-153	T	**/**/**		0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	0.82	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
TE02-2	302-153	T	**/**/**		0.40	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	2.70	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
3340	302-160	T	**/**/**		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	*****	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
1180/1	302-163	T	26/ 1/65		0.20	0.0	0.0	19.97	0.0	*****	26.97	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
1159/1	302-164	T	31/ 8/64		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	48.58	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
108	302-169	T	18/ 1/62	*****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	*****	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
16659	302-169	T	23/ 3/80		0.11	0.0	0.0	9.70	0.0	*****	4.19	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
16662	302-171	T	23/ 3/80		0.17	0.0	0.0	11.00	0.0	*****	13.18	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
16661	302-172	T	28/ 3/80		0.19	0.0	0.0	22.50	0.0	*****	18.43	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
16682	302-173	T	28/ 3/80		0.17	0.0	0.0	11.00	0.0	*****	44.86	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
16660	302-174	T	28/ 3/80		0.20	0.0	0.0	22.10	0.0	*****	38.00	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
16679	302-175	T	28/ 3/80		2.40	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	17.56	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
16680	302-176	T	28/ 3/80		0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	18.61	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
16681	302-177	T	28/ 3/80		0.78	0.0	0.0	9.70	0.23	*****	15.51	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
J10521	302-179	T	8/ 1/63		0.20	0.0	0.0	8.52	0.0	*****	18.43	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
J10522	302-180	T	1/ 4/63		0.30	0.0	0.0	3.00	0.0	*****	40.91	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
483/55	302-188	T	12/ 4/55		0.0	0.0	0.0	0.10	0.0	11.94	*****	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	0.0
1135/1	302-190	T	4/ 5/64		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	3.49	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
8471/1	302-218	T	18/ 1/78		0.20	0.0	0.10	9.30	0.20	107.00	34.32	1.12	10.1	FRANCA. CORROSIVA	*****	0.0
UP3	302-215	T	6/ 1/76		0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	*****	9.54	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
	302-25	T	**/**/**		0.0	0.0	0.0	7.00	0.0	*****	23.97	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****
	302-26	T	**/**/**		0.0	0.0	0.0	7.00	0.0	*****	24.35	0.0	*****	INDEFINIDO	*****	*****

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

ESTUDOS HIDROQUIMICOS NA REGIAO DE JUNDIAI

ANALISE QUIMICA DAS AGUAS SUBTERRANEAS - ANALISES PARCIAIS

PAG. 1

NUMERO DA AMOSTRA	NUMERO DO PONTO	NAT	DIA DA COLETA	FOR.	PHC	PHL	C.E.C. MMHOS / CM	C.E.L. MMHOS / CM	DUREZA TOTAL	ALCAL. TOTAL	RESIDUO SECO	RESIDUO FIXO	SAR	SOMA CAT. MEQ/L	SOMA ANIO. MEQ/L	SOMA TOTAL	ITBP (+)	ITBN (-)
2307/1	302-39	T	19/ 7/76		****	6.50*****	*****		80.00	64.00	136.00	101.00	0.0	1.60	0.0	1.60	****	0.0
2432/1	302-105	T	7/ 4/76		****	6.60*****	*****		72.00	60.00	126.00	91.00	0.0	1.44	0.0	1.44	****	0.0
2676/1	302-120	T	23/ 6/78		****	6.60*****	119.30		112.00	64.00	161.00	117.00	0.0	2.22	1.34	3.56	1.00	0.04
2003/1	302-135	T	20/ 6/74		****	6.60*****	*****		44.00	114.00	167.00	133.00	0.0	0.88	0.0	0.88	****	****
2004/1	302-240	T	28/ 6/74		****	6.50*****	*****		26.00	60.00	98.00	79.00	0.0	0.52	0.0	0.52	****	****
2707/2	302-252	T	14/ 2/79	RG	****	6.70*****	221.40		66.00	114.00	218.00	171.00	0.0	1.31	2.39	3.71	1.00	0.05
2552-1	302-271	T	6/ 6/77	RG	****	6.50*****	72.20		52.00	40.00	69.00	45.00	0.0	1.04	0.91	1.95	1.00	0.14
1961/1	302-267	T	9/10/73	RG	****	6.10*****	*****		28.00	40.00	94.00	71.00	0.0	0.56	0.0	0.56	****	****
2081	302-268	T	23/ 1/75	RG	****	6.60*****	*****		60.00	80.00	205.00	152.00	0.0	1.20	0.0	1.20	****	****
	302-253	T	22/ 2/79		****	6.60*****	157.90		90.00	78.00	164.00	117.00	0.0	1.80	1.67	3.47	1.00	0.07
62/78	302-88	T	27/ 9/78		****	7.25*****	*****		24.30	40.00	113.20	84.40	****	0.0	0.83	0.83	1.00	0.04
1035/1	302-118	T	22/10/62		****	6.50*****	*****		40.00	30.00	108.00	61.00	****	0.0	0.66	0.66	1.00	0.08
BR-358	302-143	T	19/ 8/71		****	6.80*****	*****		66.00	88.00	171.00	107.00	****	0.0	1.92	1.92	1.00	0.17
72/76	302-144	T	6/ 1/76		****	7.20*****	*****		80.00	110.00	220.00	148.00	****	0.0	2.68	2.68	1.00	0.21
830/74	302-145	T	14/ 3/74		****	7.20*****	*****		22.00	30.00	75.00	60.00	****	0.0	0.74	0.74	1.00	0.22
TE02-1	302-153	T	**/**/76		****	8.30*****	*****		30.50	86.00	175.00	*****	****	0.0	1.72	1.72	****	0.0
TE02-2	302-153	T	**/**/76		****	7.80*****	*****		41.00	90.00	198.00	*****	****	0.0	1.80	1.80	****	0.0
3340	302-160	T	**/**/76		****	7.25*****	*****		59.50	*****	145.60	85.60	****	0.0	0.04	0.04	1.00	****
1180/1	302-163	T	26/ 1/65		****	6.50*****	*****		94.00	44.00	116.00	94.00	****	0.0	1.88	1.88	1.00	0.83
1159/1	302-164	T	31/ 8/64		****	6.30*****	*****		44.00	50.00	64.00	49.00	****	0.0	1.04	1.04	1.00	0.04
108	302-169	T	18/ 1/62		****	7.50*****	*****		31.45	*****	214.40	172.80	****	0.0	0.05	0.05	1.00	****
16659	302-169	T	23/ 3/80		****	7.60*****	*****		90.00	86.00	215.00	210.00	****	0.0	2.45	2.45	1.00	0.39
16662	302-171	T	23/ 3/80		****	6.90*****	*****		98.00	54.00	175.00	150.00	****	0.0	1.53	1.53	1.00	0.36
16661	302-172	T	28/ 3/80		****	6.80*****	*****		150.00	60.00	295.00	265.00	****	0.0	1.96	1.96	1.00	0.49
16682	302-173	T	28/ 3/80		****	6.70*****	*****		240.00	116.00	360.00	315.00	****	0.0	3.05	3.05	1.00	0.29
16660	302-174	T	28/ 3/80		****	6.60*****	*****		220.00	78.00	345.00	330.00	****	0.0	2.12	2.12	1.00	0.29
16679	302-175	T	28/ 3/80		****	6.90*****	*****		90.00	72.00	160.00	135.00	****	0.0	1.86	1.86	1.00	0.29
16680	302-176	T	28/ 3/80		****	7.00*****	*****		108.00	96.00	195.00	175.00	****	0.0	2.46	2.46	1.00	0.28
16681	302-177	T	28/ 3/80		****	7.00*****	*****		94.00	80.00	175.00	145.00	****	0.0	2.16	2.16	1.00	0.32
J10521	302-179	T	8/ 1/63		****	6.80*****	*****		94.00	60.00	117.00	91.00	****	0.0	1.44	1.44	1.00	0.18
J10522	302-180	T	1/ 4/63		****	6.60*****	*****		120.00	84.00	133.00	114.00	****	0.0	1.82	1.82	1.00	0.08
483/55	302-188	T	12/ 4/55		****	6.80*****	*****		22.00	*****	103.00	87.05	0.0	0.49	0.06	0.56	1.00	8.96
1135/1	302-190	T	4/ 5/64		****	7.00*****	*****		22.00	18.00	68.00	51.00	****	0.0	0.44	0.44	1.00	0.24
8471/1	302-218	T	18/ 1/78		****	6.50	136.10	*****	66.00	56.00	123.00	97.00	0.0	1.32	1.23	2.56	1.00	0.09
UP3	302-215	T	6/ 1/76		****	7.10*****	*****		44.00	62.00	140.00	72.00	****	0.0	1.27	1.27	1.00	0.03
	302-25	T	**/**/76		****	6.70*****	*****		52.00	62.00	135.00	92.00	****	0.0	1.37	1.37	1.00	0.10
	302-26	T	**/**/76		****	6.60*****	*****		46.00	50.00	163.00	97.00	****	0.0	1.08	1.08	1.00	0.07